

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

無溶劑溶膠法製備奈米級氧化矽/PU 或環氧樹脂混成樹脂  
(3/3)

研究成果報告(完整版)

計畫類別：個別型

計畫編號：NSC 94-2216-E-032-001-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：淡江大學化學系

計畫主持人：陳幹男

計畫參與人員：博士班研究生-兼任助理：王世杰、陳博正  
碩士班研究生-兼任助理：陳怡佑、陳威仁

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 12 月 25 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 ☒ 成果報告  
☐ 期中進度報告

無溶劑溶膠法製備奈米級氧化矽/PU 或環氧樹脂混成樹脂(3/3)

計畫類別：☒ 個別型計畫 ☐ 整合型計畫

計畫編號：NSC 94-2216-E-032-001

執行期間：94 年 08 月 01 日至 95 年 07 月 31 日

計畫主持人：陳幹男 教授

共同主持人：

計畫參與人員：王世杰、陳博正、陳怡佑、陳威仁

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：☐ 精簡報告 ☒ 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

☐ 赴國外出差或研習心得報告一份

☐ 赴大陸地區出差或研習心得報告一份

☒ 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

☐ 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、  
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

☐ 涉及專利或其他智慧財產權，☐ 一年☐ 二年後可公開查詢

執行單位：淡江大學化學系

中 華 民 國 九 十 五 年 七 月 三 十 一 日

## 目 錄

一、中文摘要.....	1
二、英文摘要.....	2
三、前言.....	3
四、研究目的.....	6
五、文獻探討.....	7
六、研究方法.....	9
七、結果與討論.....	12
八、結論.....	19
九、參考資料.....	20
十、圖表數據.....	21
十一、可供推廣之研發成果資料表.....	40

## 一、 中文摘要

關鍵詞：溶膠-凝膠、混成、紫外光硬化、PU、epoxy-acrylate

一般有機材料耐熱性與硬度較差，而無機材料通常易脆且笨重，若我們能將有機與無機材料均勻混和則能達到互補的效果，使材料具備無機材料與有機材料的優點。現今有機與無機混成複合材料以廣泛用在電子、機械生醫產業上。但有機材料與無機材料相容性差，且易發生聚集造成相分離的現象，降低原先材料應有的性質。因此本次研究以紫外光硬化型有機高分子為基材，以四乙氧基矽烷（TEOS）為無機材料以溶膠-凝膠法製備出有機與無機混成材料，由於紫外光硬化具有室溫硬化與無溶劑等優點，且高分子鏈上具有極性官能基能與氧化矽產生物理或化學鍵結，以防止氧化矽發生聚集的現象。

本研究分別選用紫外光硬化型 PU 與環氧樹脂壓克力，在添加光起始劑下可經由紫外光進行自由基聚合反應，並利用紫外光硬化型環氧樹脂（epoxy acrylate）上的羥基與 TEOS 進行脫乙醇反應產生 Si-O-C 的化學鍵結，以增加對氧化矽之相容性。添加不同比例 TEOS 與高分子材料進行摻混，觀察分別對高分子性質的影響。以動態機械分析儀（DMA）分析氧化矽對高分子樹脂分子運動的影響，以熱重分析儀（TGA）來評估氧化矽對熱安定性的影響，以電子顯微鏡（SEM）觀察氧化矽顆粒的大小。

## 二、 英文摘要

Keyword: sol-gel, hybridization, UV-curable, PU, epoxy-acrylate

Generally speaking, the disadvantages of organic materials are the poor thermal stability, poor hardness while the brittle and heavy for the inorganic materials. Based on the many researches, hybridization of the organic and inorganic materials can achieve the complement purpose and remain the distinguish advantages. According to this, the UV-curable polymers are played as the basic materials in this article then hybrid with tetraethoxysilane (TEOS) via sol-gel process. The main advantage of the UV-curable polymers is non-solvent vaporization while the polar functional groups can avoid the aggregation of the inorganic part via physical or chemical bondings.

In this article, the UV-curable polyurethane and epoxy-acrylate are the basic materials which hybrid with different ratio of TEOS. The polymer properties have effected by this hybridization and measured by the various methods, such as dynamic mechanical analysis (DMA), thermal gravimetric analysis (TGA) and etc. Also, the particle size of  $\text{SiO}_2$  has observed by the scanning electronic microscopy (SEM).

### 三、前言

一般而言，材料可分為三大類，即高分子，金屬、陶瓷，人類科技演進與材料有著密不可分的關係，也可說人類的歷史就是材料的歷史，不過上述材料各有其優缺點，而單一材料往往有其極限難達到目前科技所要求的物性或化性標準，因此嘗試製造各種新型複合材料。

表 1

	高分子	陶瓷	金屬
優點	較易加工  柔軟有韌性  價格較便宜  易做化學修飾	結構剛硬  具熱安定性  有特殊電、磁性質	延展性佳有韌性  具有導電性  易加工成型
缺點	剛硬度較不足  易受環境而有變化	易脆不具延展性  比重較重	容易氧化腐蝕  耗費能源

複合材料通常藉由兩種不同的基材，利用摻混（無化學鍵結）或交聯（具化學鍵結）的方式所製成，希望藉由新型複合材料達到目前科技所要求的水平，這些包括導電性、熱安定性、機械性質、光學性質甚至生物相容性，而利用這些新型複合材料可利用在下列用途：

1. 光學通訊元件：因具有特殊之光學性質，可藉由添加或塗佈在不同基材上改變吸收與放射波長，可應用在光學薄膜或其他顯示器元

件如反射膜，抗反射膜，偏光板等；

2. 太空與軍事工業：太空與軍工業要求常較民生工業來的嚴苛，且新產品經過實用後即有很大的經濟性與獨佔性並帶來無限的商機，例如：需耐高溫之隔熱材，具匿蹤性質的抗電磁波塗料與耐震爆之裝甲，這些通常需符合質輕、強度大即最好便宜的特點，新型複合材料通常可符合上述需求；
3. 生物醫學材料：由於新型材料陸續開發出來，其生物相容性與安定性在證實安全無虞後即可加以應用以造福無數患者，常用的生醫材料有金屬合金，陶瓷或無機聚合物等，可分別用在齒科材料、人造骨骼或關節、藥物等；
4. 電子電機材料：具有特殊之導電性、磁性、熱性質與介電常數，可作為感測器、積體電路、電解質即磁性材料等；
5. 機械工業材料：特殊的合金可作為耐腐蝕，高強度結構與耐高溫之材料，可以不經表面處理而直接應用在機殼、引擎結構體等。

其他如多孔性觸媒，填充劑與接著劑，雷射材料等，若在加上傳統已知的技術更是多的不勝枚舉。

通常奈米材料依製作方法可分下列幾種：

#### 1. 溶液法：

利用溶劑與催化劑，（無機）氧化物，在一定溫度下先形成溶液膠體，而後將溶劑驅趕後產生均一性的材料，也可做熱處理使結構更緊密，不過溶劑揮發與材料表面易收縮龜裂是主要缺點，一般可作為光學元件，感測計，表面塗裝等用途

## 2. 熱燒結法：

在材料結構中穿插或取代其他種原子產生缺陷，使材料的導電性，磁性，耐熱或機械強度產生顯著的變化，通常可利用化學層積（CVD），熱氧化，電化學與加壓再結晶製成，一般可作為超導材料，記憶體，耐火磚與切削刀具等，通常價格最貴用途也較特殊

## 3. 混練與合金：

將金屬或高分子利用機械加工或在熔爐中均勻混和，利用不同比例摻混或熱處理產生不同性質的材料，此法通常可得到完整的結構體因此可直接用來做手機或電腦機殼，建築物或其他機械之結構體，不必在做表面處理即可直接使用

現在製作有機與無機混成奈米材料可分為兩大類，一為溶膠-凝膠(sol-gel)法，另一為插層法(intercalation)，其中以前者應用最為廣泛，效果通常也較後者為佳，這是由於有溶劑的存在可以幫助有機物與無機物有良好的分散效果，避免產生巨觀的相分離，彼此的相容性也叫插層法為佳，這與彼此的結構有很大的關係。

溶膠-凝膠法具有下列數種優點：

1. 可在室溫下直接操作，也可做適當的熱處理
2. 溶劑可幫助均勻分散，也可選擇不同基材混成
3. 改善有機或無機物的缺點截長補短

不過此法也有幾種不利因素要克服

1. 溶劑揮發的環保問題
2. 結構易收縮產生龜裂或微小孔隙



### 3. 無機物水解縮合反應不易控制，且相容性也與有機基材有關

根據上述的優缺點，因此本實驗室嘗試以有機高分子為基材，配合紫外光硬化方式以及溶膠-凝膠法製備出含氧化矽之有機-無機混成奈米複合材料，由於紫外光硬化同時具備室溫反應與沒有揮發性溶劑等優點，因此溶液酸鹼值與溫度可保持穩定，無機物的水解縮合反應也較易於控制，因此製備之複合材料為透明，具有良好韌性且硬度增加，因此將薄膜進行一連串測試，例如熱重分析儀，電子顯微鏡，動態機械分析儀，硬度計等。比較其機械、熱安定性與相分佈的情形。

## 四、研究目的

有機與無機混成材料早已行之有年，早在人類有文明以來即有這種材料，早先是應用在建築、紡織陶瓷等工藝，不過那時科技不像現在發達，很多材料是由經驗累積或憑空想像所製成，談不上學理根據，更別說有科學儀器來證明了。不過近年來電子技術突飛猛進，許多尖端儀器因而誕生，因此除了理論基礎外，更有強而有力的工具證明之，以溶膠-凝膠法製備之有機與無機複合材料近 10 年來蓬勃的發展，雖說基礎知識尚稱完備，但做出的成果卻不算成熟，因為高分子尤其同時考慮有機與無機聚合的因數太多，傳統的聚合方式往往顧此失彼，很容易產生巨觀的相分離的情形，經由不同儀器觀察很難達到互補的傑出效果，一般水膠凝膠製成之有機-無機複合材料有許多，從單體的 MMA、HEMA、HEA 到高分子的 PI、PU、EPOXY 應有盡有，不過常常效果有限，因此本實驗嘗試以紫外光聚合方式製作材料。(圖 4-1,4-2)

光硬化樹脂具有快乾、無溶劑、附著性佳等優點，除了在家具加工業、電

路版、紡織纖維與建築材料有高度發展外，近年來由於電子與光電工業的需求而發展出各種不同的材料，材料本身對電性與溫度有更嚴格的要求，必須不斷改進已達到所需的水準。由於感光性高分子可在常溫反應，無溶劑與快速硬化等優點，高分子本身之化學結構可對氧化矽產生良好的鍵節，所以較不易產生聚集的巨觀相分離的現象達成良好的混成效果，因此在測試時有不錯的效果。

由於溶劑在紫外光系統中是應該被避免的，由於溶劑會影響高分子的交聯程度而對感光性材料結構造成影響，會降低機械或其他性質而使功能受限。另外由於環保因素我們必須降低溶劑的需求以避免造成環境污染，所以我們必須將溶劑排除。而一般之溶膠-凝膠法可製備良好之氧化矽結構，具有氧化矽快速成型與結構安定等優點，但因溶劑揮發所造成之環保問題與造成高分子材料結構鬆散等缺點，對機械或光學等性質有不良的影響，因此實驗室嘗試使用無溶劑之系統，針對不同性質做測試，觀察溶劑對氧化矽與複合材料的影響(圖 4-3)

## 五、文獻探討

在有機與無機混成奈米材料中，2000 年韓國 K.D SUH 與 I.S OH 嘗試以紫外光硬化型 PU 與氧化矽作摻混，探討添加氧化矽對有機高分子 PU 藉由流變儀觀察在不同溫度下機械性質的差異，可發現若添加氧化矽可以增加 PU 高分子的熱安定性。同時拉伸強度與硬度可隨著氧化矽增加而增加。同年（2000）美國 ZORAN S. PETROVIC 與 IVAN JAVNI<sup>(29)</sup>將奈米級的 silica 與聚二元醇先作均勻混和，然後再與 TDI 做 PU 之合成反應，待合成反應完全後即做拉力、硬度及機械性質的測試，由實驗結果得知若添加的比例在一定的範圍

內，則其硬度與尺寸安定性隨氧化矽添加比例增加而增加，但玻璃轉移溫度並未有太大的改變，作者並添加一般微米級的氧化矽做比較，可得知在添加相同重量比例下之氧化矽則由於奈米等級的氧化矽有比較大的比表面積，所以與高分子間有較大的作用力。

另外在 1999 年，台灣的許應舉教授，嘗試使用雙環氧基 DGEBA 單體與二元酸 adiapic acid 先做高分子聚合反應，藉由環氧基開環後側鍊上產生之氫氧基，會與氧化矽在高溫烘箱（150℃）做熱處理產生脫水反應，由於彼此產生新的化學鍵結而使相容性增加，經熱處理後可產生透明的薄膜。在 1997 年，美國 Larry J.Bauer 以不同分子量之環氧樹脂與不同雙胺類做硬化劑，添加不同比例之氧化矽做不同的比較，文中提到可能由於胺類的催化效果使氧化矽反應較以往更為劇烈，藉由小角 X 光散射發現產生不相容的現象，可見這並不是一個好方法，作者並做熱重分析比較觀察其熱安定性，發現不同的製程有不同的熱性質表現。

此外有不同的學者改變不同的高分子基材，例如 PI，PVC，PAA 等，在不同的操作條件下進行聚合反應，或改變不同矽化物單體藉由產生化學鍵結以增加其相容性，並對其熱性質，機械性質，或其他的物化性做測試。

由之前的文獻可知，有機物與無機物可分為物理鍵節或化學鍵節，物理鍵節可分為分子凡得瓦力與氫鍵，化學鍵節則為共價鍵，若有機物可與無機物產生上述兩種鍵節，則較易得到良好的混成效果，若要增加彼此的相容性，不外乎改變有機物的結構或藉由耦合劑產生接枝的效果，但可能由於耦合劑的效果使溶液之酸鹼值改變，或由於高溫硬化使無機氧化矽之反應產生劇烈變化。而紫外光硬化樹脂則無上述情形產生，因此較適合作為有機與無機混和的基材。

## 六、研究方法

### 壓克力 PU 樹脂：

在四頸反應瓶中加入 PU 預聚物 1000 克，並在 PU 中加入 1% 之催化劑 T-12 並升溫加熱，當溫度達到 75 度時開始滴入等當量壓克力單體 HEMA 於 30 分鐘內滴完，在反應過程中攪拌棒轉速與溫度保持一定，反應其間每半小時測量一次紅外線光譜，當吸收波長在  $2200\text{cm}^{-1}$  附近之 NCO 吸收峰消失即告完成，反應約在 4 小時結束(Scheme A)

### 壓克力環氧樹脂與 TEOS 之合成

在四頸瓶中加入壓克力環氧樹脂 1000 克，當溫度達到 90 度時逐滴滴入四乙氧基矽烷(約佔 15%)，四乙氧基矽烷在 1 小時內滴完且溫度維持在 100 度，反應兩小時後取出部分樣品做光譜鑑定，直到壓克力環氧樹脂上之氫氧基吸收峰 ( $3300\text{cm}^{-1}$ ) 消失為止(Scheme B)

### 無機氧化矽之合成

如同一般氧化矽之合成方式，將固定比例含濃鹽酸之去離子水，溶劑與四乙氧基矽烷常溫下均勻混和 10~15 分鐘，並將不同比例之氧化矽溶液加入有機高分子材料中均勻攪拌(表 6-1)

<表 6-1>無機矽溶液之配方

TEOS 重(克)	溶劑重(克)	水與酸重(克)
10.4	15	2

## 材料試片之製備

如表所示，將不同比例之無機氧化矽溶液添加於 PU 壓克力或環氧樹脂壓克力中，並添加百分之一光起始劑於壓克力樹脂，將樹脂裝在覆有鋁箔之塑膠盒裡並在大氣中成膜乾燥 2~3 日，乾燥後之薄膜在紫外光機中照射一定時間後，在將薄膜撕下放在 50 度烘箱乾燥數日後即可製備測試所需的試片(表 6-2,6-3)

<表 6-2>製備 PU 系統

	有機高分子(克)	TEOS 溶液(克)	光起始劑(克)	照射時間(秒)
CPU11	5	4	0.5	30
CPU12	5	8	0.5	30

<表 6-3>製備環氧樹脂-TEOS 半反應系統

	有機高分子(克)	TEOS 溶液(克)	光起始劑(克)	照射時間(秒)
Tep11	5	2	0.5	30
Tep12	5	3.5	0.5	30

## 固含量的測試

固含量測試為有利於往後實驗計算的進行；先將自由基硬化型親水性 PU 樹脂精秤後，置於 50℃ 的烘箱中，烘乾至恆重；下為固含量的計算公式：

$$\text{固含量} = (\text{烘乾後重} / \text{烘乾前重}) \times 100\%$$

## 乙醇與水溶液浸泡吸收率與損失率

試片製備如同膠含量測試一般，原薄膜重為 E，將薄膜完全浸泡於乙醇或水中 24 小時，再將膜取出用濾紙將薄膜表面吸附的乙醇或水擦拭後秤重，所得之重量為 E1，再將薄膜放入 50℃烘箱乾燥 3 日，乾燥後之薄膜重為 E2

薄膜吸收率：

$(\text{薄膜吸收後重量 } E1 - \text{薄膜吸收後烘乾重 } E2) / \text{薄膜吸收後烘乾重 } E2$

重量損失率：

$(\text{薄膜原重 } E - \text{薄膜吸收烘乾重 } E2) / \text{薄膜原重 } E$

### 熱重分析

剪取試片約 10mg，裝在熱重分析儀專用白金秤盤中，在氮氣與空氣的條件下以每分鐘升溫 10℃，以 100l/min 的氣體沖提，觀察熱重損失與裂解速率的情形

### 掃描式電子顯微鏡

將薄膜浸泡在液態氮中，另外將薄膜在液氮中用鉗子折取其截面，將試片置於於載台並鍍金約 2 奈米左右，然後送入儀器抽真空並用電子顯微鏡觀察截面相分佈其情形

### 硬度

依照 ASTM2240-45 測試法進行測試。製備薄膜厚約 1 公釐，將硬度計完全壓在薄膜上觀察硬度指數

### 動態機械分析

將薄膜剪成長 25 公釐，寬 10 公釐，厚約 0.5 公釐 (25x10x0.5)，將試片置於特定夾具中，以每分鐘升高 5 度，升溫範圍至 200 度止，以每秒一赫茲頻

### 無溶劑系統

由於無溶劑的作用，因此由 TEOS 形成之氧化矽結構並不安定，而且如果成型時間過久會產生氧化矽聚集而有巨觀相分離之現象，若添加在材料中會降低有機與無機成分的作用力。對材料性質有不良之影響，因此我們必須改變一般溶膠-凝膠之作法，一方面使材料本身沒有因氧化矽聚集產生相分離的情形，另一方面又希望達到一般溶膠-凝膠的效果。所以我們將 TEOS 在溶液中水解與縮合時間縮短，在氧化矽成型時趕緊倒入有機材料中，利用高分子的官能基將氧化矽固定住，而在一般大氣條件下繼續進行水解縮合反應，待氧化矽完全成型後再利用加熱處理方式使材料達到一般溶膠-凝膠法之性質表現。

## 七、結果與討論

### 紅外線光譜鑑定

由 PU 預聚物之紅外線光譜圖，可以觀察在波長  $2270\text{cm}^{-1}$  有 NCO 官能基之吸收震動(圖 7-1)，而在加入 HEMA 反應後則此吸收峰消失，另外在波長  $1660\text{cm}^{-1}$  附近則有 HEMA 之不飽和雙鍵吸收，且在加入光起始劑經由中壓汞燈照射後可以產生硬化且表面平整透明的薄膜，可以證明 PU 壓克力樹脂合成成功(圖 7-2)

由環氧樹脂壓克力光譜圖，原先在波長  $3200\text{cm}^{-1}$  附近有壓克力環氧樹脂上氫氧基的吸收峰(圖 7-3)，但加入四乙氧基矽烷反應後此吸收峰消失，並在波長  $1100\text{cm}^{-1}$  處發生改變，由此證明可產生碳-氧-矽(C-O-Si)的鍵結(圖 7-4)

### 膠含量

在這裡我們分別以兩種紫外光硬化型高分子 PU 與環氧樹脂作為討論，觀察添加氧化矽對高分子膠含量性質的測試，由於兩材料的結構不相同，因此有不同的膠含量比例，顯示對溶劑抵抗力的不同

在 PU 系統中，所製備之紫外光硬樹脂為鬆散的網狀交聯結構，在沒有氧化矽的影響下結構性較差，膠含量約為 75%，但若添加無機的氧化矽則會使材料結構更為緊緻，因此膠含量隨著氧化矽的增加而有上升的趨勢，這是由於氧化矽與 PU 間產生較強的氫鍵力，因而使膠含量上升，若我們將材料進行乾燥處理則可使膠含量更為升高，最高可達 98%，這可能是因為氧化矽之間產生了網狀交聯，使結構更為緻密，抗溶劑的行為也越強。(表 7-1)

在環氧樹脂的系統中，由於壓克力環氧樹脂經紫外光照射後產生十分緻密的結構，具有優秀的抗溶劑性質，因此在無添加氧化矽的結構下即有 96% 的膠含量，而在添加氧化矽後也有 90% 左右的能力，也就是說環氧樹脂本身即有高架橋密度，對抵抗溶劑侵蝕有很大的幫助，但若添加氧化矽時可能由於溶劑的揮發使結構較為鬆散，讓溶劑可經由微小孔隙進入材料結構內造成侵蝕作用使膠含量降低。(表 7-2)

#### 對乙醇吸收與損失率

可能由於溶劑會對自由機架橋產生不良的影響，使的架橋密度下降造成結構較為鬆散，又由於氧化係縮合會產生許多微小孔隙使吸收溶劑的能力增加，未交聯完全的小分子或寡聚物會隨著溶劑的侵蝕而脫落，因此膠含量會略微下降，而吸乙醇能力略微提升，這可能是分子間的孔隙增加造成溶劑吸附能力的提升，但氧化矽產生網狀交聯，由於氧化矽的作用則會使分子結構更為緊緻，對溶劑會產生抵抗的效果，我們分別以 PU 與環氧樹脂系統討論



在 PU 系統中，由於氧化矽與 PU 產生良好的作用力，使的分子間原本十分鬆散的結構更為緊緻，因此隨著氧化矽增加而抵抗乙醇能力提升，對乙醇損失率下降，這在膠含量也或的同樣的證實(表 7-1)

而在環氧樹脂中，由於溶劑阻礙了自由機之交聯，造成架橋密度的降低而使結構較為鬆散，隨著氧化矽的增加，抗溶劑性質反而降低，這可能是氧化矽增加溶劑也隨之增加，在乾燥處理後原先溶劑揮發與氧化矽縮合會產生許多微小孔隙，對材料結構有不良的影響，也因此抗溶劑性質下降(表 7-2)

### 熱重分析

由於四乙氧基矽烷單體經水解聚合反應會產生結構堅硬的氧化矽聚合物，若產生之氧化矽分子與有機高分子鏈產生相互作用力，如產生化學或物理性鍵結，則會使高分子的耐熱性增加，最大熱裂解溫度有向後延伸的趨勢

在氮氣的條件下，由於沒有活性氣體（氧氣）的摻與，氮氣本身不參與在裂解時分子間的鍵結行為，因此我們可觀察高分子之間的鍵結作用力

在 PU 與氧化矽摻和的系統中，由與 PU 鏈上的極性基團與氧化矽有較強的氫鍵力，而使 PU 的結構更為緊緻，隨著氧化矽的增加其耐熱性也隨之增加，最大熱裂解溫度有向後延伸並且降低的趨勢，最後的焦炭殘餘量也隨之增加因此可證明 PU 與氧化矽產生良好的混成效果(圖 7-5)(表 7-3)。

而在環氧樹脂與氧化矽的系統中，其耐熱性的增加並不明顯，僅在最後焦炭的殘餘量有所增加，原因可能有兩個，一可能由於氧化矽的縮合與溶劑揮發會破壞原先已非常緊緻的結構，使氧化矽的作用抵銷，另一可能是因為環氧樹脂上的苯環是非常堅硬且安定的有機體，會使氧化矽的作用不明顯(圖 7-6)(表 7-4)

動態機械分析是觀察高分子在不同溫度下分子鏈段的運動行為，在施予一定頻率的撞擊而使撞擊的能量以不同型式轉換，能量會在高分子中儲存或散失。高分子的機械行為可分為黏性與彈性，在玻璃轉化溫度以前的玻璃態，高分子運動行為以彈性為主，能量不易儲存而易散失，至於玻璃轉化溫度以後之橡膠態，能量易被吸收儲存，高分子運動行為以黏性為主。藉由儀器測量可得兩個參數，分別為儲能模數  $E'$  與耗能模數  $E''$ ，將耗能模數除以儲能模數即稱為阻尼，即  $\tan\delta = E''/E'$ ，此參數可得到一個最大值，可以用來觀察玻璃轉移溫度，相分離程度與分子的相對結構等。

在 PU 與氧化矽的系統中，隨著氧化矽的增加，在不同溫度下之儲能模數也隨之減少，，這應該是溶劑使架橋密度減小，又由於氧化矽縮合產生許多微小孔隙，使 PU 的結構體如同海綿一般，但由於氧化矽的作用下會限制 PU 高分子鏈段的分子運動行為，因此阻尼係數也隨之降低(圖 7-7,7-8)

而在環氧樹脂與氧化矽的系統中由於將氧化矽接枝在環氧樹脂的側鍊上，使高分子的熱運動行為發生較大的改變，所以阻尼係數隨溫度有較明顯的不同，由阻尼係數的最大值可看出玻璃轉移溫度有增加的趨勢，這是由於氧化矽會阻礙環氧樹脂的分子運動行為，同時由於氧化矽的縮合與溶劑揮發會產生許多微小孔隙，使結構變的較為鬆軟，隨著氧化矽的增加而使儲能模數降低，阻尼也隨之增加等(圖 7-9,7-10)。

由上述兩種例子，讓作者聯想到一個熟悉的觀念，那就是建築用的混凝土

若我們將水的比例偏高，在乾躁的過程會產生許多小孔洞，因此水泥與砂或小石頭作用力會隨之降低，使混凝土的強度也隨之降低，若將水與砂，小石

頭進行完美比例的組合，則會使混凝土產生最強的結構體，如此不難想像高分子材料與氧化矽和水之間，是否也存在著如同混凝土般的微妙關係。

#### 薄膜硬度計

由於氧化矽會與高分子產生作用而使結構變的較為堅硬，由薄膜硬度計可發現硬度有隨氧化矽增加而增加，尤以 PU 系統更為明顯，這是由於異氰酸酯單體為環己烷的 IPDI 系統，而非一般的苯環系統，至於富含苯環基的環氧樹脂，由於質地極為堅硬降橋密度甚高,因此改變不甚明顯.(表 7-5)

#### 掃描式電子顯微鏡

由電子顯微鏡觀察氧化矽與高分子材料截面相分佈的情形，若氧化矽與高分子之相容性佳，則在折取其截面觀察時在低倍率（<10000 倍）下為完整之平面，沒有因氧化矽發生聚集造成如山丘般隆起的情形，若在更高倍率下（>50000 倍）則可發現氧化矽顆粒結構。由於在快速、室溫硬化下所產生的氧化矽顆粒較易固定，由於高分子鏈上的官能基可固定住氧化矽分子而較不會產生聚集的相分離現象。

在 PU 系統中，由於氧化矽與高分子未產生化學性鍵結，使氧化矽與 PU 相容性較產生化學性鍵結之環氧樹脂為差，因此有較多的氧化矽顆粒浮出高分子的表面，我們可以非常明顯看出氧化矽與 PU 不相容的情形，但因 PU 高分子鏈上有許多極性官能基可以固定住氧化矽使氧化矽不產生集聚的現象，且氧化矽顆粒在 50nm 以下，證實此為一種奈米複合材料(圖 7-11,7-12,7-13)

在氧化矽與環氧樹脂的系統中，由於氧化矽與高分子鏈段產生化學性的鍵結，因此相容性比只有物理鍵結的 PU 系統佳，要在較高倍率下才可看出深埋

在分子中的氧化矽顆粒，同樣的並無產生氧化矽集聚造成相分離現象，氧化矽平均顆粒大小也在 50nm 以下，證實此為另一種奈米複材(圖 7-14,7-15,7-16)

#### 熱重分析 (TGA) 比較

由於氧化矽結構的不同，在熱重分析即有不同性質表現，我們可以觀察裂解過程與最後焦炭殘留情形 (char yield)，在 PU 系統中，由於氧化矽與有機高分子未產生化學性鍵結，只有產生 (氫鍵) 物理性鍵結，無論是在有溶劑或無溶劑的狀態下，氧化矽隨著溫度的升高而最後會變成二氧化矽的結構 (silica)，最後的焦炭殘餘量是固定的，而在熱裂解的過程中，無溶劑的氧化矽會隨著溫度升高而有較明顯之熱重損失，這可能是由於無溶劑下所產生之氧化矽結構不固定，隨著溫度升高而繼續有縮合脫水的情形產生，但由於缺乏有機物的鍵結而使最後焦炭殘餘量並未改變(圖 7-17)。

至於在環氧樹脂的系統中，由於先前經過 120°C 兩個小時的熱處理，因此大部分的氧化矽已生成固定的二氧化矽結構，可由熱裂解趨勢圖可以看出，但由於氧化矽與有機環氧樹脂產生 Si-O-C 的化學鍵結，又由於在與有機物彼此間產生不同的作用力，因此最後與有機物會產生不同的焦炭殘留比例。在熱處理的過程中，未完全反應之 TEOS 或小分子之氧化矽會隨著高溫而揮發，因此產生不同的氧化矽比例(圖 7-18)

#### 動態機械性質 (DMA) 的比較

氮氣系統下由於氧化矽結構的不同，在熱重分析即有不同性質表現，我們可以觀察裂解過程與最後焦炭殘留情形，在 PU 系統中，由於氧化矽與有機高分子未產生化學性鍵結，只有產生 (氫鍵) 物理性鍵結，無論是在有溶劑或無

溶劑的狀態下，氧化矽隨著溫度的升高而最後會變成二氧化矽的結構(silica)，最後的焦炭殘餘量是固定的，而在熱裂解的過程中，無溶劑的氧化矽會隨著溫度升高而有較明顯之熱重損失，這可能是由於無溶劑下所產生之氧化矽結構不固定，隨著溫度升高而繼續有縮合脫水的情形產生，但由於缺乏有機物的鍵結而使最後焦炭殘餘量並未改變(圖 7-19,7-20)。

在環氧樹脂的系統中，由於溶劑的影響下影響有機高分子交聯程度又因溶劑揮發而造成結構鬆散的現象，因此本實驗採用無溶劑的方式以解決此問題；雖然在無溶劑的系統下，氧化矽生成較不穩定且氧化矽在熱處理過程中會有部分損失，但由於無溶劑而會使架橋密度增加結構較為緊密，玻璃轉移溫度也有上升的趨勢，所以可說無溶劑比溶劑系統在機械性質方面來的優秀，不過在氧化矽縮合時也會產生乙醇與水，高分子自由體積也有增大的現象，因此造成較高比例氧化矽之複合材料有較大的分子自由體積,儲能模數最低，結構也最鬆軟(圖 7-21,7-22)

#### 電子顯微鏡 (SEM) 的比較

由於材料在氧化矽尚未產生聚集前利用高分子的官能基將氧化矽固定住，再利用熱處理方式使氧化係固定成型，在測試前無論是 PU 或環氧樹脂皆成為完整透明之薄膜，在電子顯微鏡的觀察下，其氧化矽的顆粒平均大小皆在 50nm 以下，且無因氧化矽聚集產生巨觀相分離的現象，證實此為一種奈米複合材料。(圖 7-23~26)

#### 膠含量

由於在無溶劑的作用下，高分子材料在紫外光交聯時使結構更為緊密，這是因為溶劑會阻礙自由基轉移降低交聯程度，使結構較為鬆散，若採用無溶劑

系統則可加強高分子交聯密度，熱在氧化矽的作用下會更為明顯。

在 PU 系統中，膠含量與溶劑的系統差不多，這可能是因為無溶劑使材料架橋密度升高，但由於氧化矽的結構不穩定降低有機材料與無機氧化矽彼此的作用力，兩者作用力相抵使膠含量與溶劑型差不多，但若將材料進行乾燥處理則膠含量有升高的趨勢，最高可達 98%，比溶劑型的更為優秀，這是由於大部分氧化矽已生成穩定的網狀交聯，由於在無溶劑的作用下使材料本身交聯密度增加，兩者作用力相長使抗溶劑性者為最佳。

在環氧樹脂中，由於較無溶劑揮發而造成結構鬆散的問題，因而膠含量皆在 95% 以上，為合理誤差範圍內，因此無溶劑較不會破壞材料本身結構，使溶劑分子叫無隙可乘。(表 7-6,7-7)

## 八、結論

- 一、 由紅外線光譜分析儀可證明高分子聚合物的合成，而由固態核磁共振矽光譜可觀察氧化矽結構的不同
- 二、 由熱重分析儀可觀察高分子材料的熱安定性，隨著氧化矽的增加會使高分子的耐熱性增加，最後的焦炭殘餘量也隨之增加，若經過適當的熱處理過程會有更優異的表現
- 三、 由動態機械分析儀可觀察出在不同溫度下分子運動行為，也可觀察高分子結構由於氧化矽的作用而發生的改變。
- 四、 由電子顯微鏡在高倍率的觀察下可觀察氧化矽的顆粒大小，由此可證明為奈米複合材料
- 五、 薄膜硬度隨氧化矽增加而增加，薄膜也為均質透明，未來在光電或電子

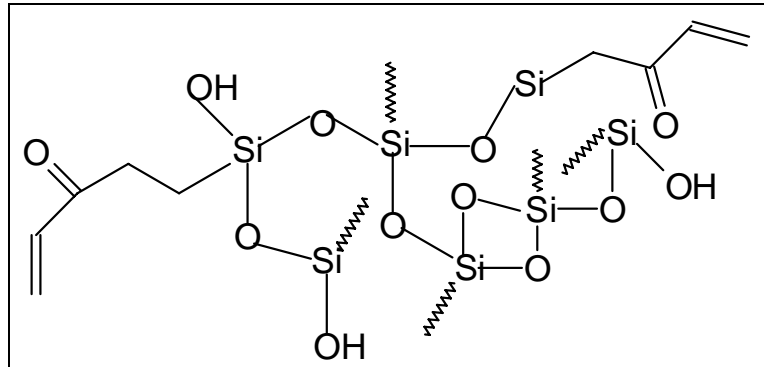
元件的塗層可能有較大的應用

六、在無溶劑的系統下，所表現出的機械性質較為優秀，經過適當的熱處理方式可得到優於溶劑系統的性質表現，對以後的填充劑可能有重大的突破。

## 九、參考資料

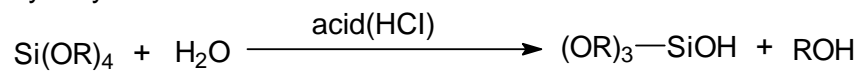
1. C. J. Brinker & George W. S., *Sol-Gel Science* 1990
2. P. J. Connor, *Surface Analysis Methods in Material Science* 1992
3. J. E. Mark, *Hybrid Organic and Inorganic Composites* 1995
4. J. H. Fendler, F. C. Meldrum; *Adv. Mater.* 38, 7, 607 (1995)
5. Y. C. Lai; *J. Appl. Polym. Sci.* 56, 301 (1995)
6. Z. H. Huand, K. Y. Qui; *Polymer* 38, 521 (1996)
7. B. T. Astrom, *Manufacturing of Polymer Composites* 1997
8. L. H. Sperling, *Polymeric Multicomponent Materials*, 1997
9. Michael A., *Synthesis and Characterization of Advance Materials* 1997
10. K. K. Chawla, *Composite Materials* 1998
11. Z. K. Zhu, Y. Yang; *J. Appl. Polym. Sci.* 73, 2997 (1999)
12. K. D. Suh, I. S. Oh; *J. Appl. Polym. Sci.* 76, 133 (2000)
13. Y. G. Hsu; *J. Appl. Polym. Sci.* 78, 1179 (2000)
14. Y. Gotch, M. Nagura; *J. Mater. Chem.* 10, 2548 (2000)
15. Y. S. Chiu, K. H. Wu; *J. Polym. Sci. A: Polym. Chem.* 37, 2275 (2000)

## 十、圖表

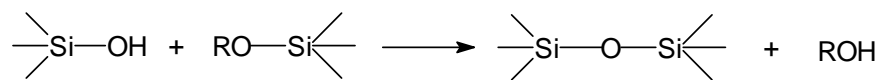
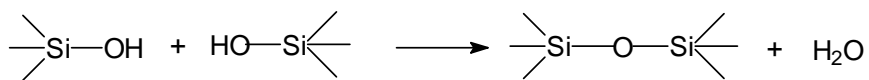


<圖 4-1>含 TEOS 之壓克力環氧樹脂示意圖

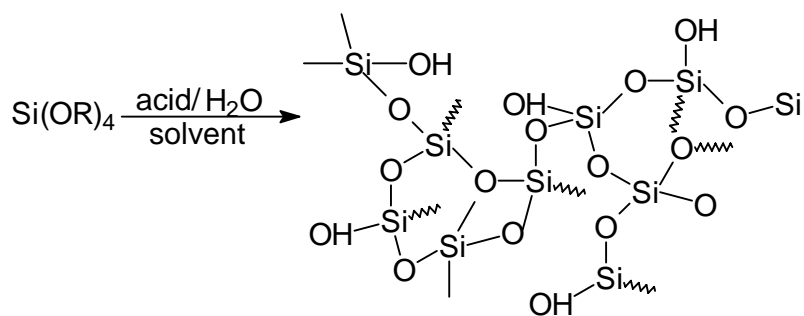
Hydrolysis



Condensation

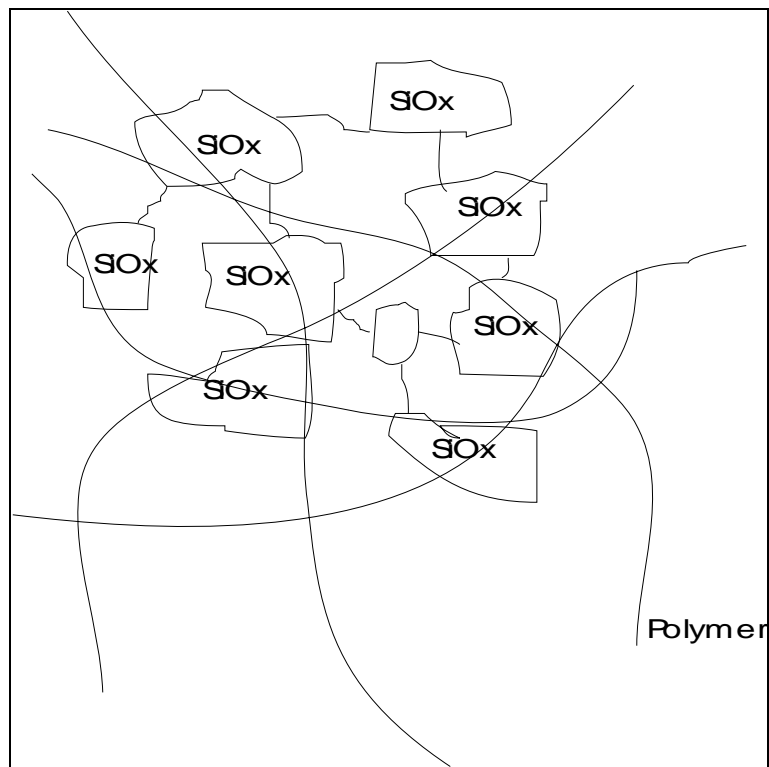


Hydrolysis and Condensation



<圖 4-2>無機 TEOS 水解與縮和反應

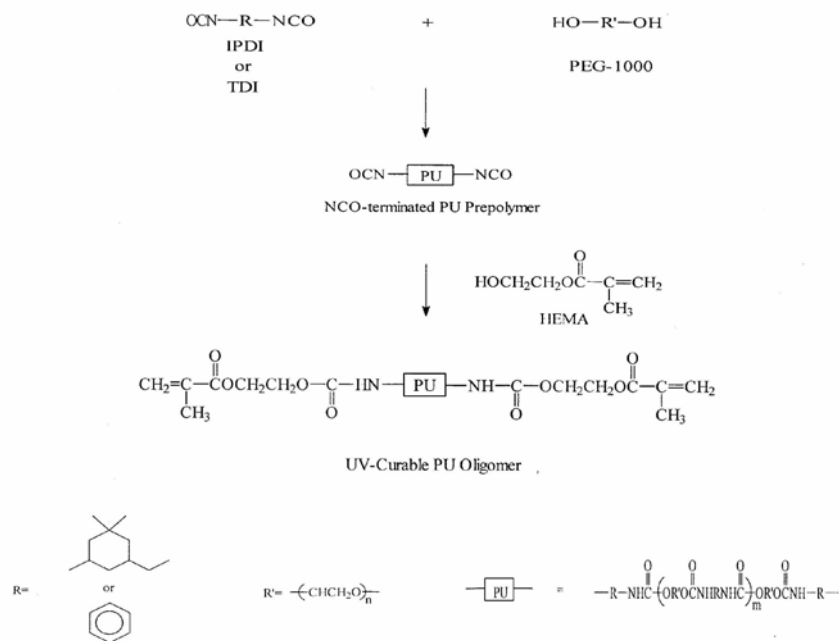




<圖 4-3>氧化矽間產生網狀交聯

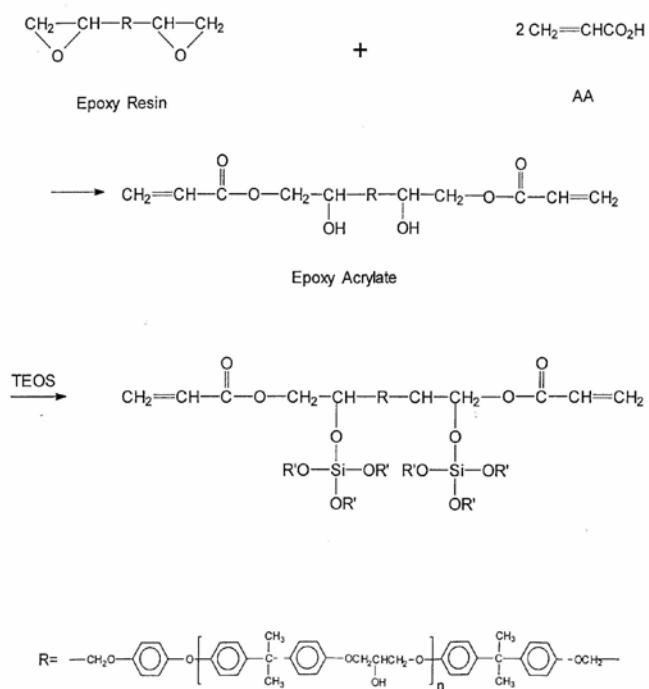
### <Scheme A> 紫外光硬化型 PU 預聚物的合成

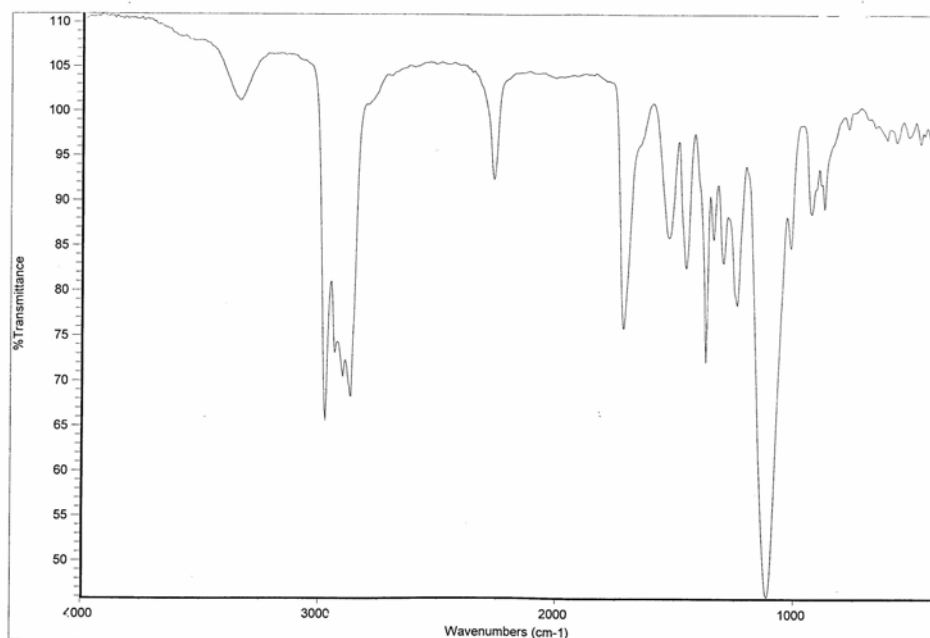
紫外光硬化型 PU 預聚物的合成



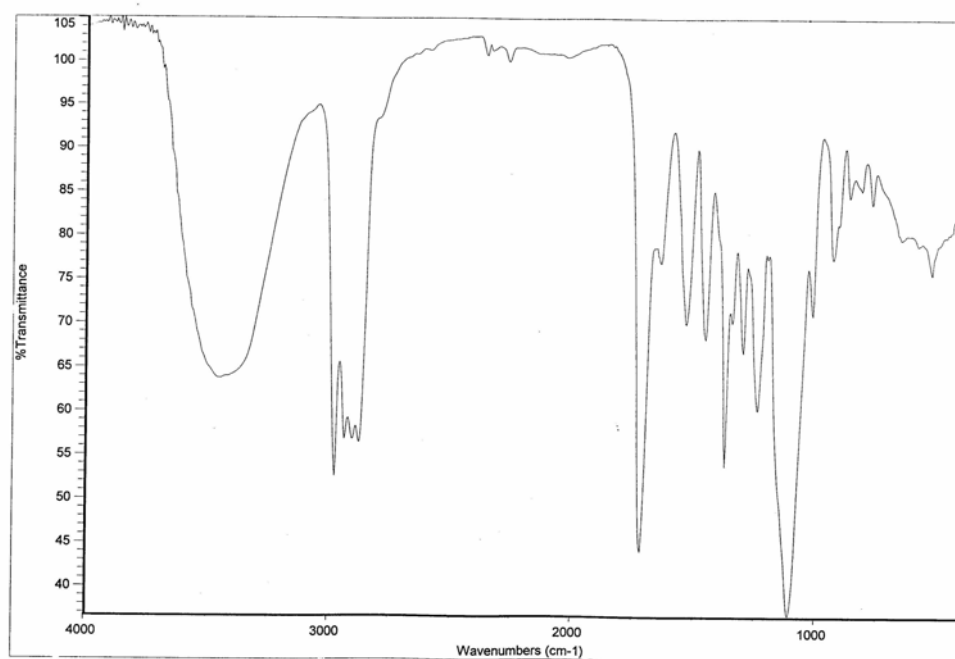
## <Scheme B>與 TEOS 合成之壓克力環氧樹脂

與 TEOS 合成之壓克力環氧樹脂

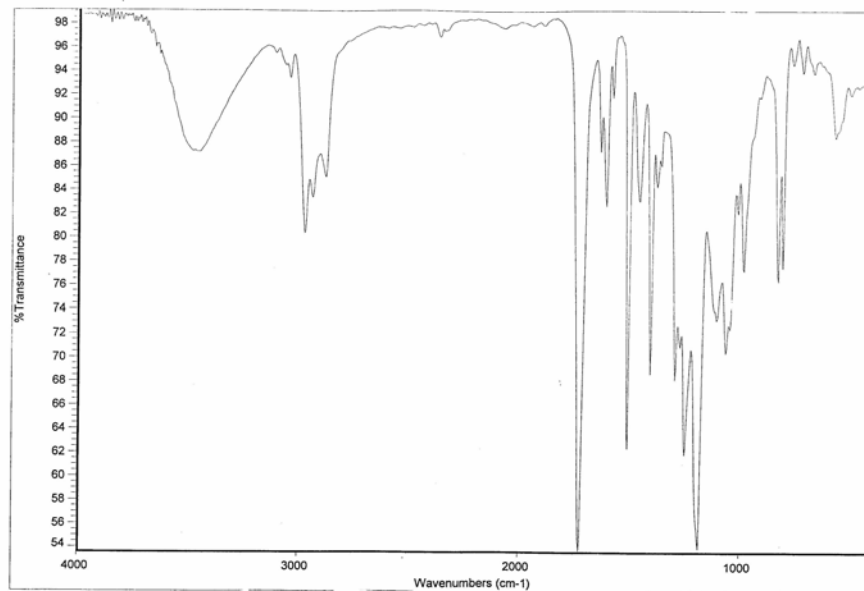




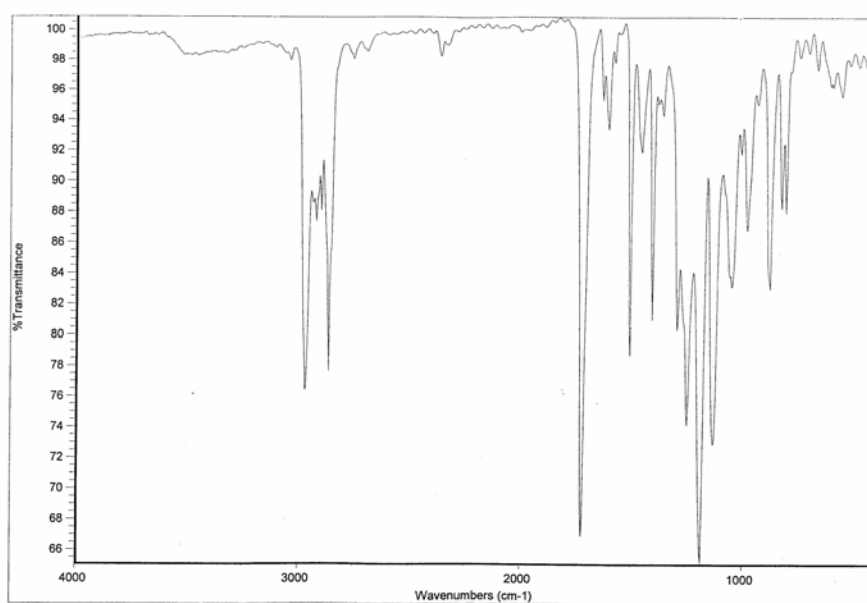
<圖 7-1>PU 預聚物 FT-IR 圖



<圖 7-2>末端含 HEMA 之紫外光硬化型 PU FT-IR 圖



<圖 7-3>紫外光硬化型環氧樹脂壓克力 FT-IR 圖



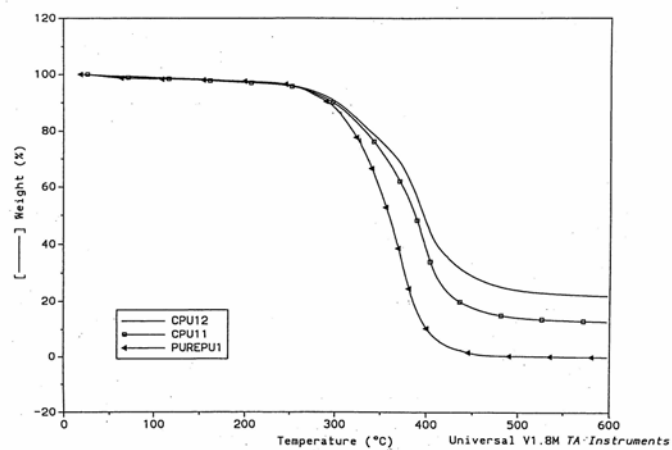
<圖 7-4>與 TEOS 合成之環氧樹脂壓克力 FT-IR 圖

**<表 7-1>PU 抗溶劑測試**

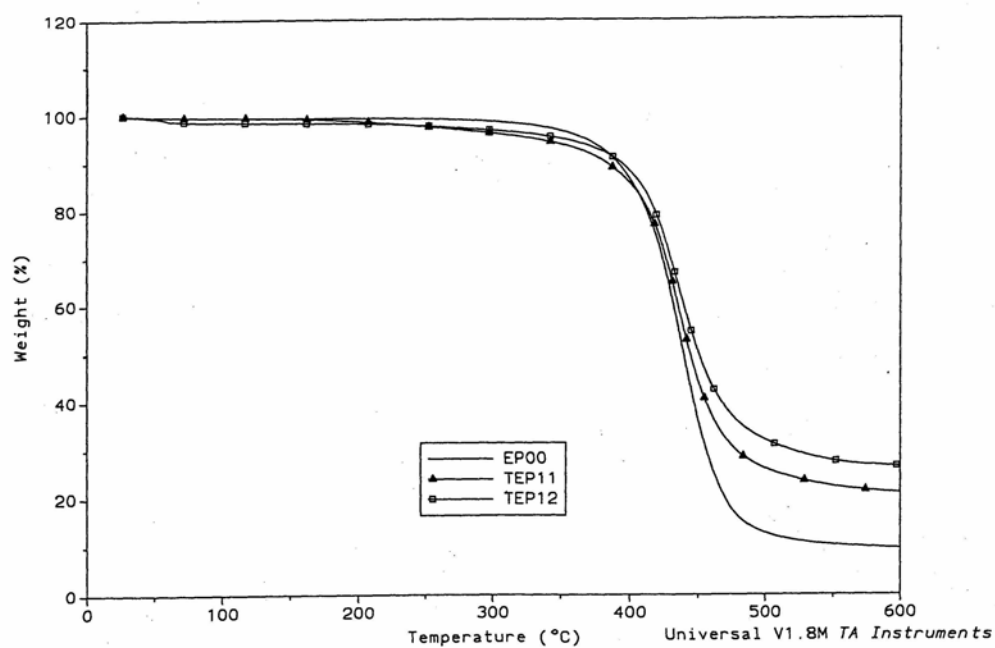
		有溶劑		無溶劑	
	Pure PU	CPU11	CPU12	NCPU11	NCPU12
膠含量(%)	42	66	65	83	88
吸乙醇率(%)	202	62	48	34	22
對醇損失率	28	17	15	10	8

**<表 7-2>環氧樹脂抗溶劑測試**

		有溶劑		無溶劑	
	Pure Epoxy	Tep11	Tep12	NTep11	NTep12
膠含量(%)	98	93	94	98	96
吸乙醇率(%)	2	5	7	3	2
對醇損失率	2	5	7	3	2



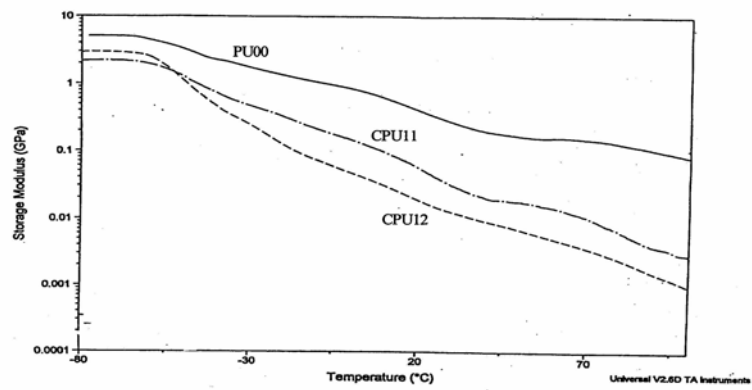
**<圖 7-5>不同比例 PU 複合材料摻混熱種分析圖**



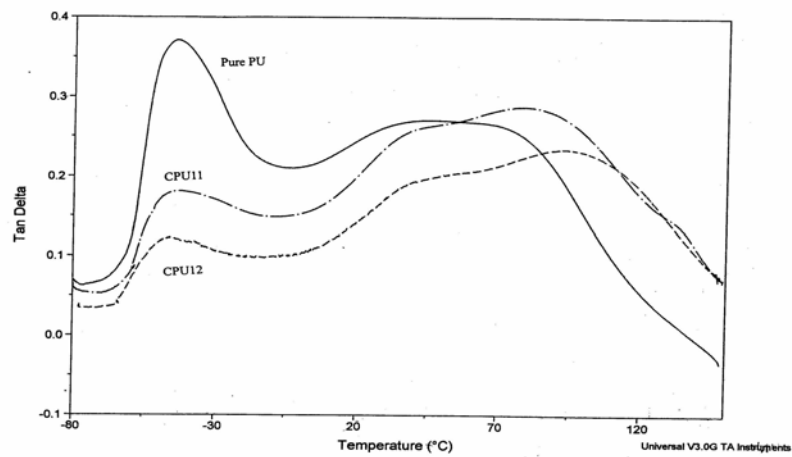
<圖 7-6>不同比例環氧樹脂複合材料熱重分析圖

<表 7-5> 薄膜硬度表

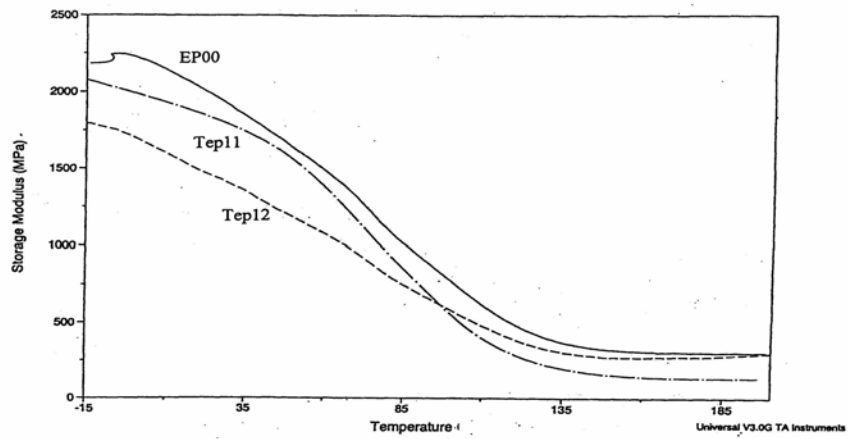
		有溶劑		無溶劑	
	Pure	CPU11	CPU12	NCPU11	NCPU12
PU	43	62	71	51	62
	Pure	Tep11	Tep12	NTep11	Ntep12
EPOXY	92	90	92	91	90



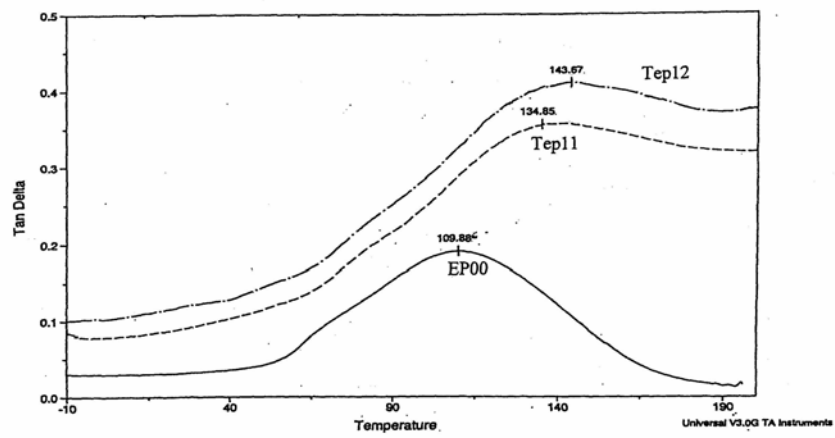
<圖 7-7>不同比例 PU 複合材料摻混儲存模數與溫度之動態機械分析圖



<圖 7-8>不同比例 PU 複合材料摻混阻尼係數與溫度之動態機械分析圖

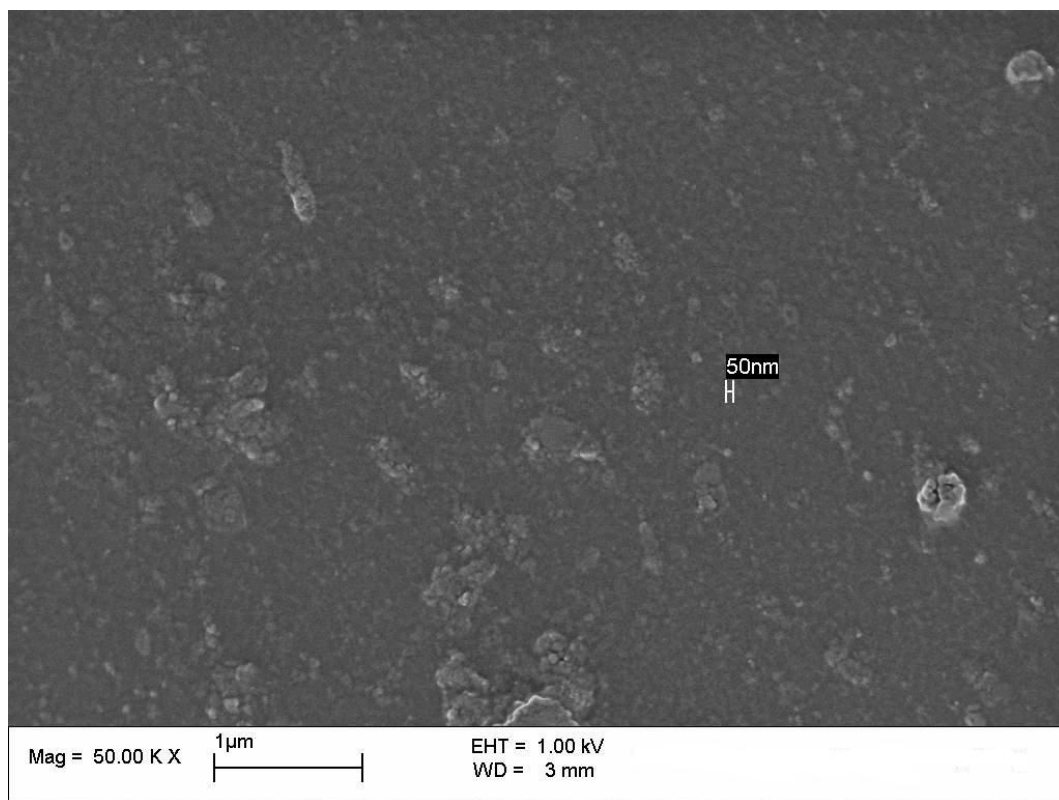


<圖 7-9>不同比例環氧樹脂複合材料摻混儲存模數與溫度之動態機械分析圖

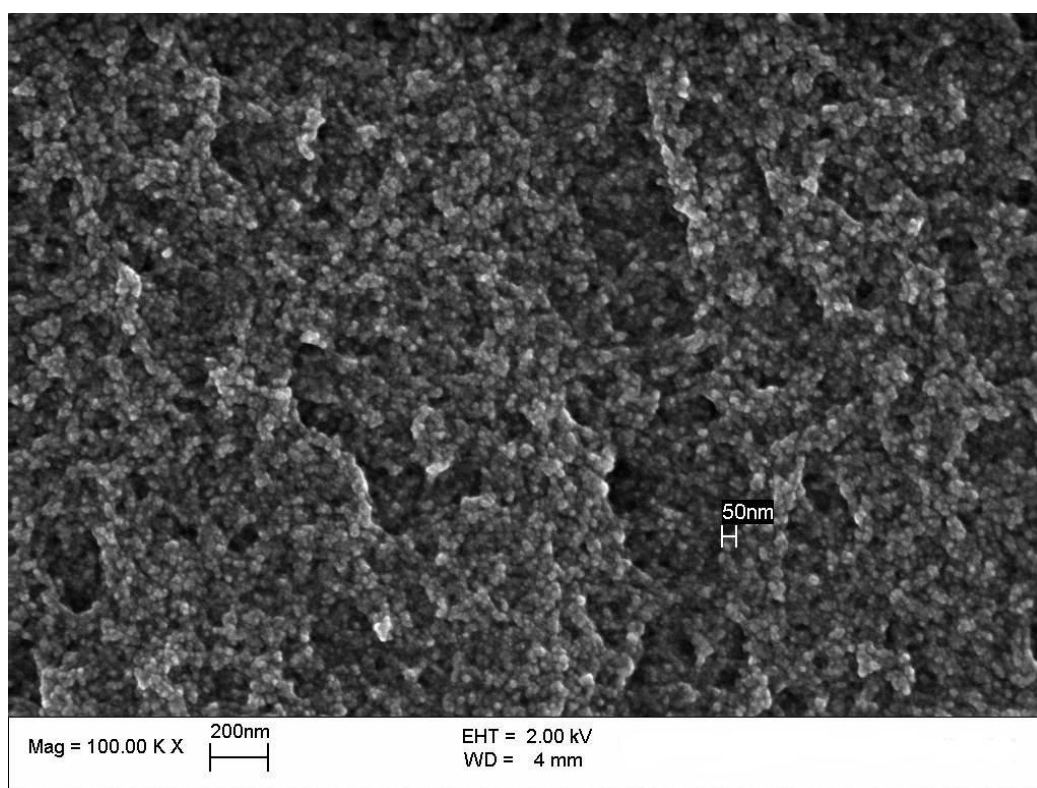


<圖 7-10>不同比例環氧樹脂複合材料摻混阻尼係數與溫度之動態機械分析圖

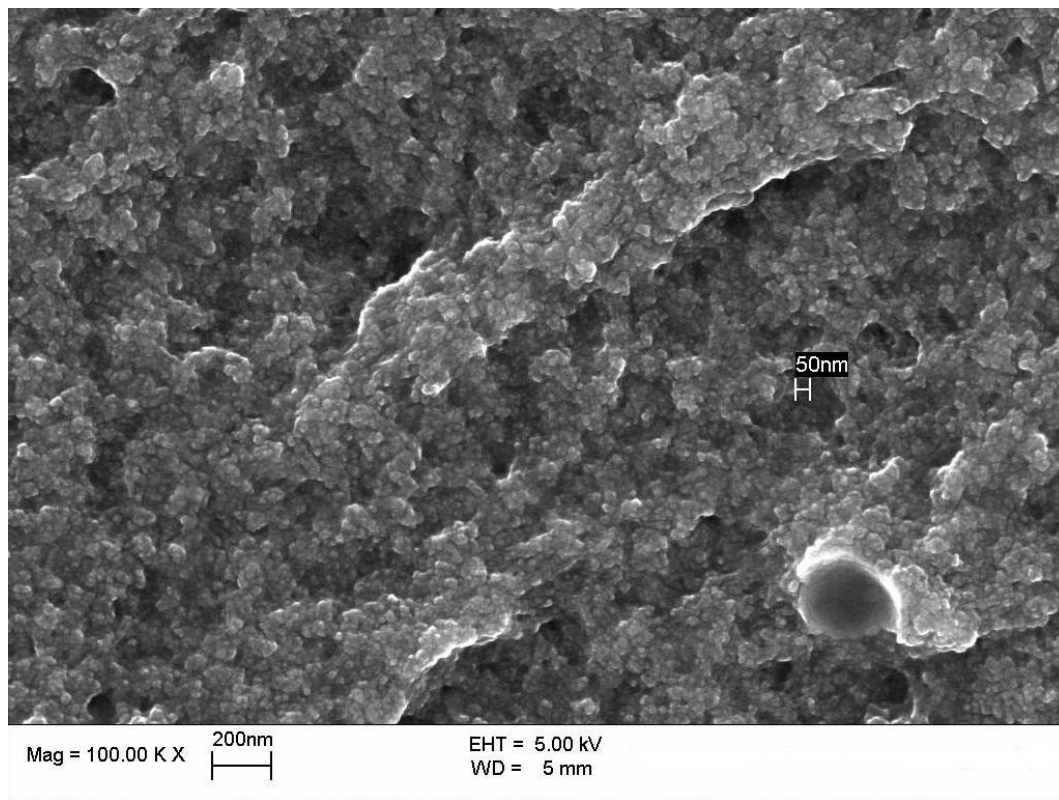




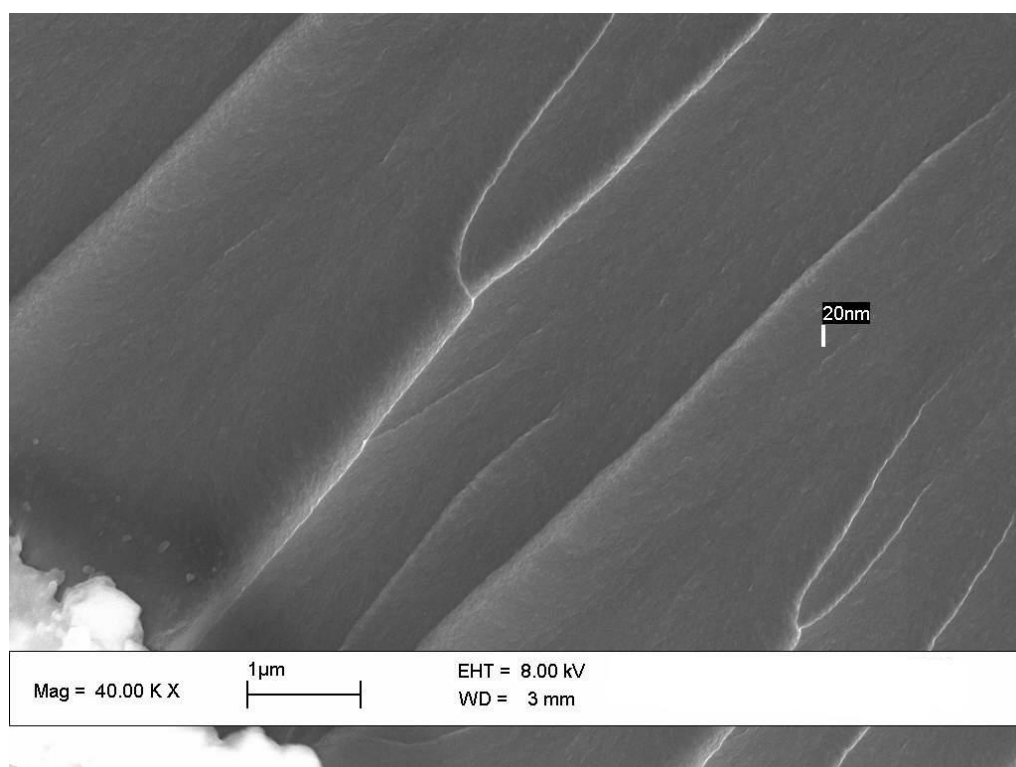
<圖 7-11>不含氧化矽紫外光硬化型 PU 之 SEM 圖



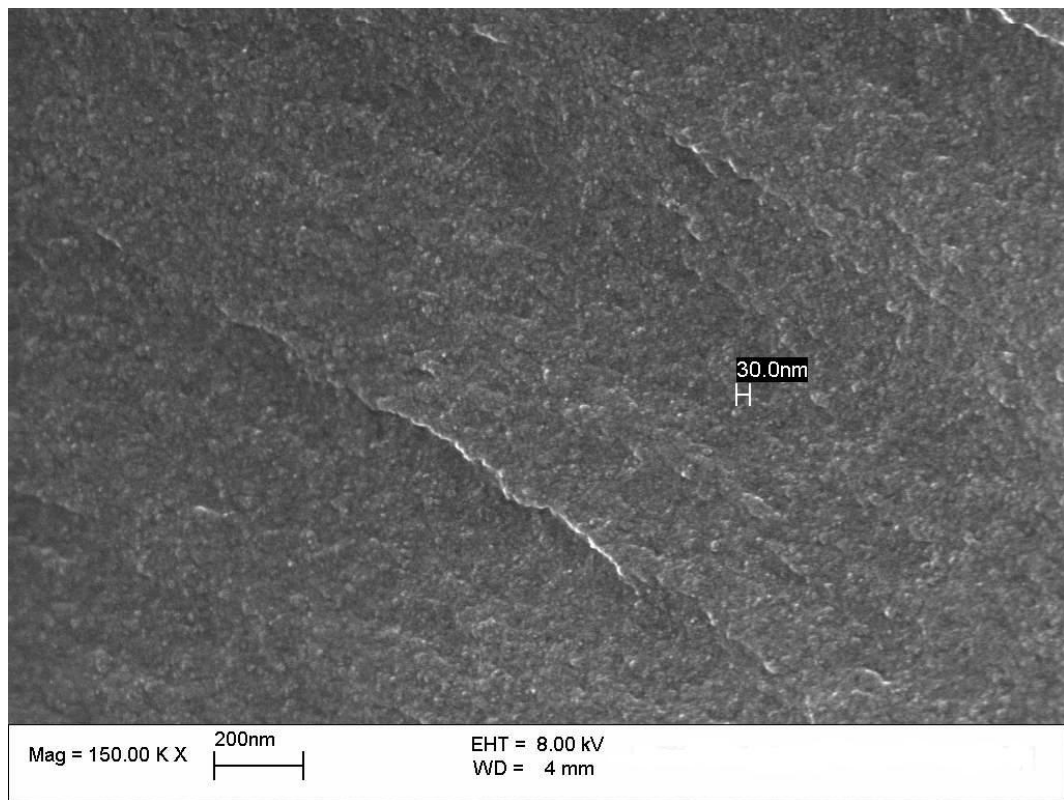
<圖 7-12>PU 與含溶劑氧化矽(CPU11)之 SEM 圖



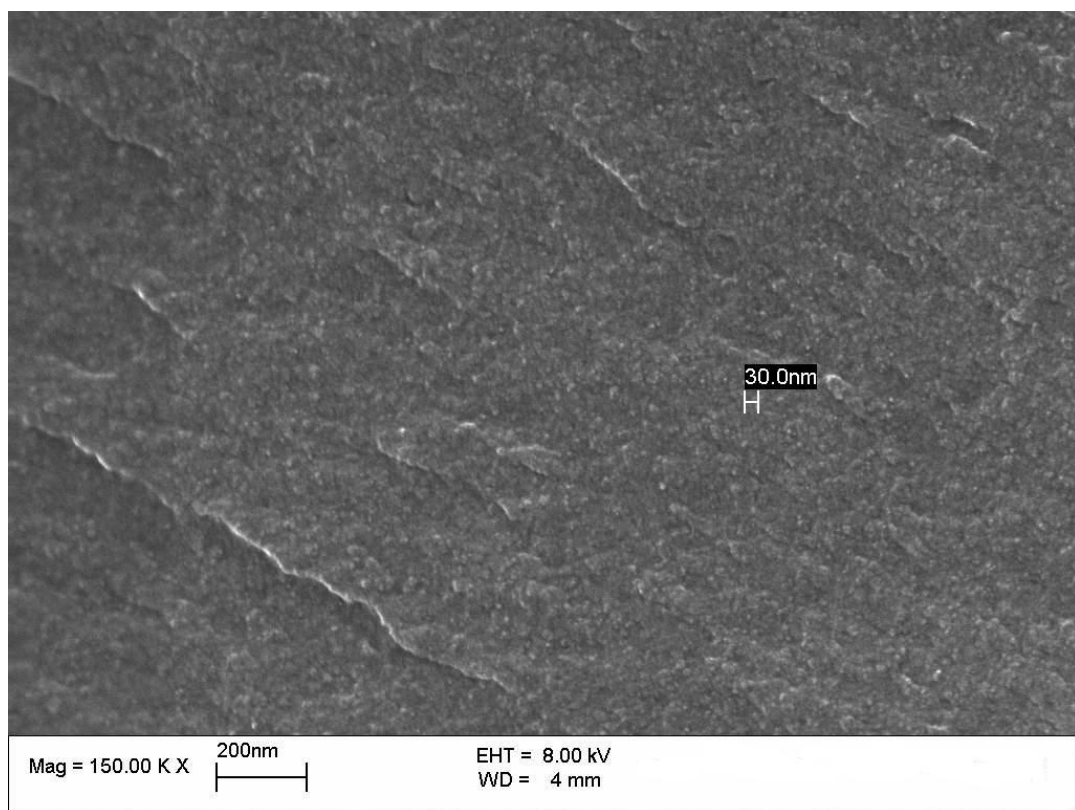
<圖 7-13>PU 與含溶劑氧化矽(CPU12)之 SEM 圖



<圖 7-14>壓克力環氧樹脂之 SEM 圖



<圖 7-15>環氧樹脂與含溶劑氧化矽(Tep11)之 SEM 圖



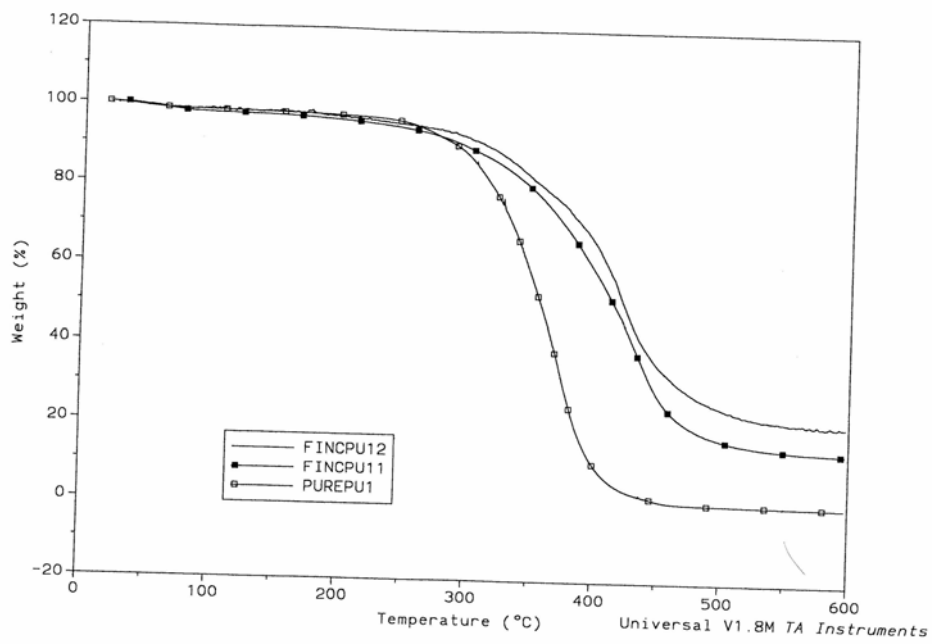
<圖 7-16>環氧樹脂與含溶劑氧化矽(Tep12)之 SEM 圖

**<表 7-6>PU 抗溶劑測試**

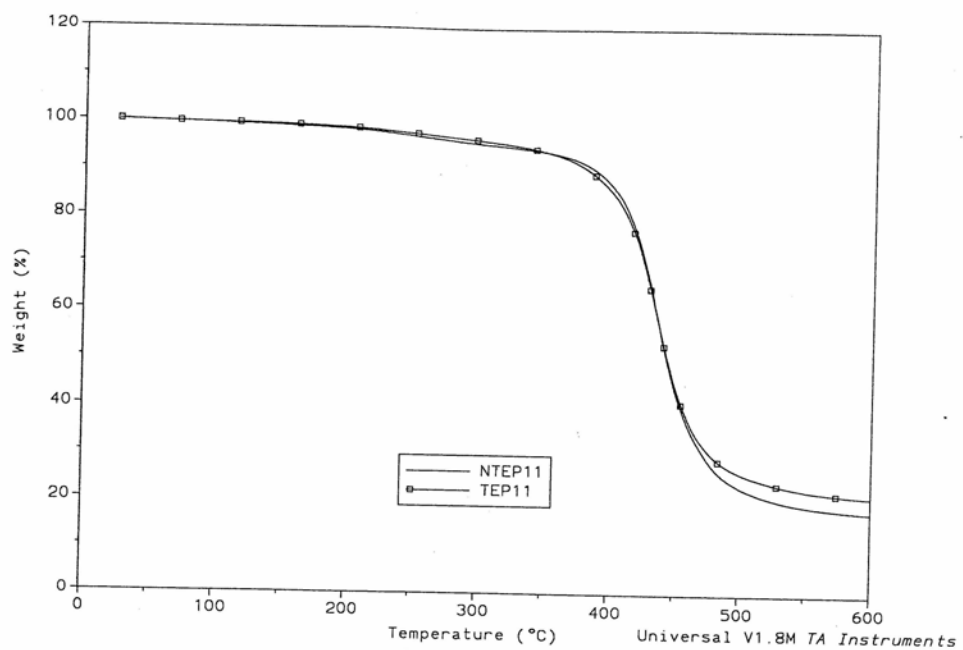
		有溶劑		無溶劑	
	Pure PU	CPU11	CPU12	NCPU11	NCPU12
膠含量(%)	42	66	65	83	88
吸乙醇率(%)	202	62	48	34	22
對乙醇損失率	28	17	15	10	8

**<表 7-7>環氧樹脂抗溶劑測試**

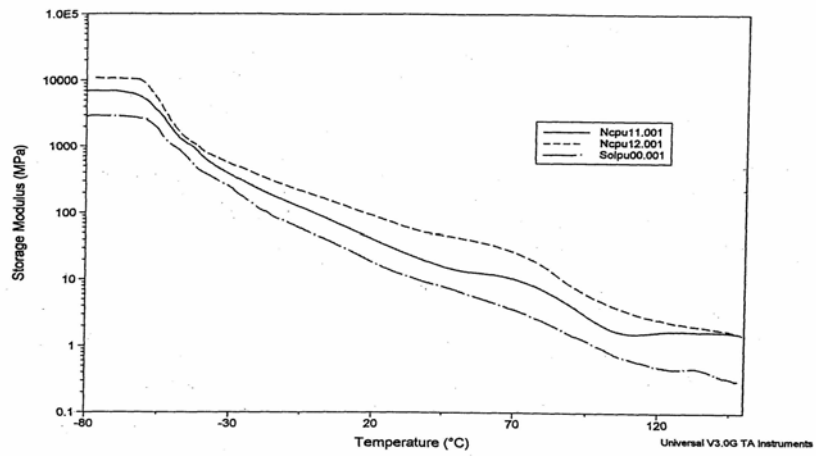
		有溶劑		無溶劑	
	Pure Epoxy	Tep11	Tep12	NTep11	NTep12
膠含量(%)	98	93	94	98	96
吸乙醇率(%)	2	5	7	3	2
對乙醇損失率	2	5	7	3	2



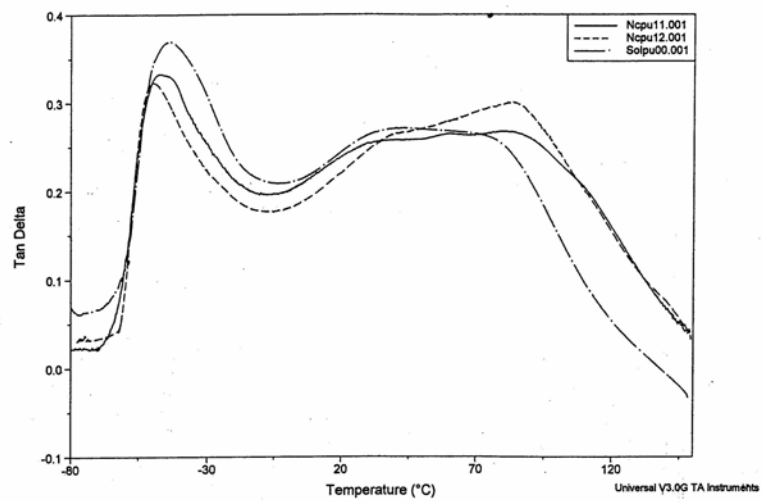
<圖 7-17>無溶劑系統不同比例 PU 複合材料摻混熱分析圖



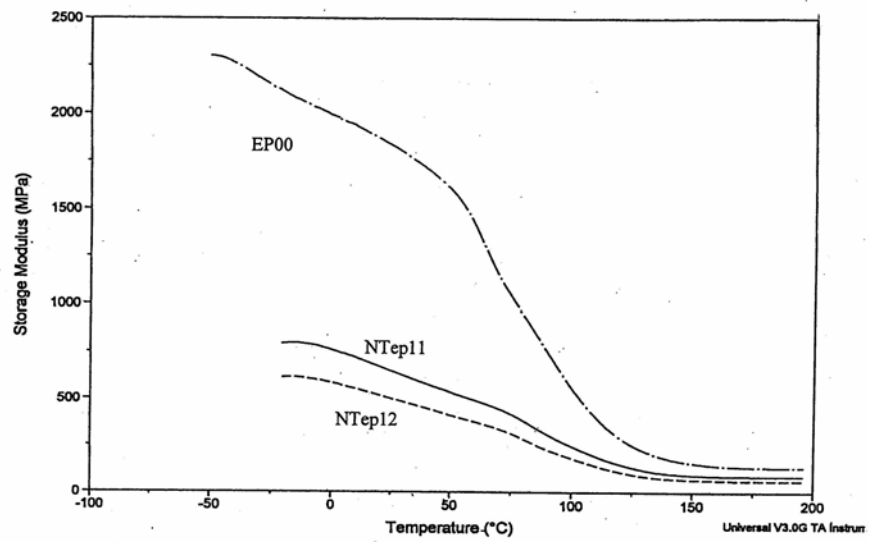
<圖 7-18>無溶劑系統不同比例環氧樹脂複合材料摻混熱分析圖



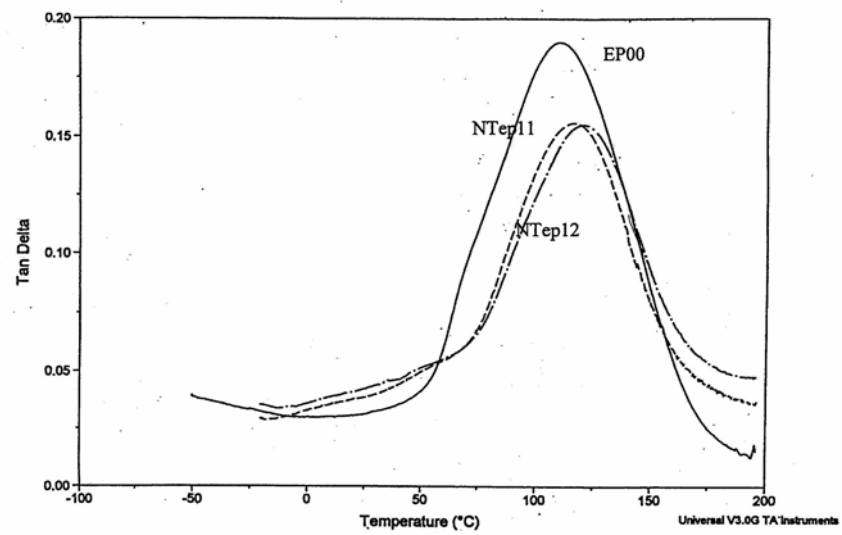
<圖 7-19>無溶劑系統不同比例 PU 複合材料混摻儲存模數與溫度動態機械分析圖



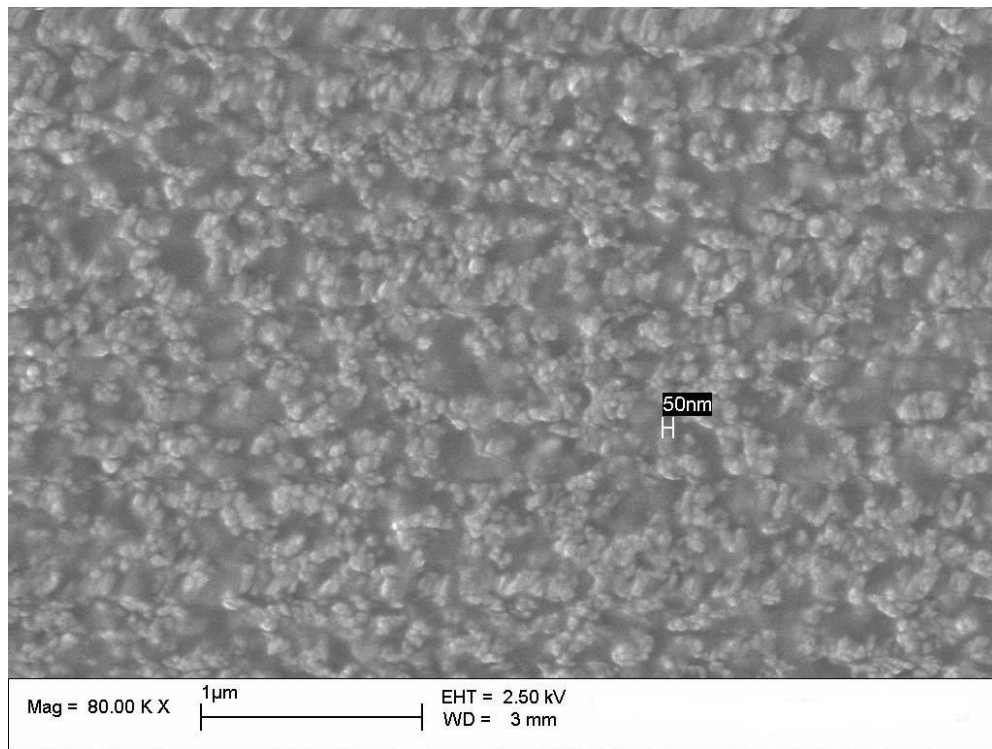
<圖 7-20>無溶劑系統不同比例 PU 複合材料混摻阻尼係數與溫度動態機械分析圖



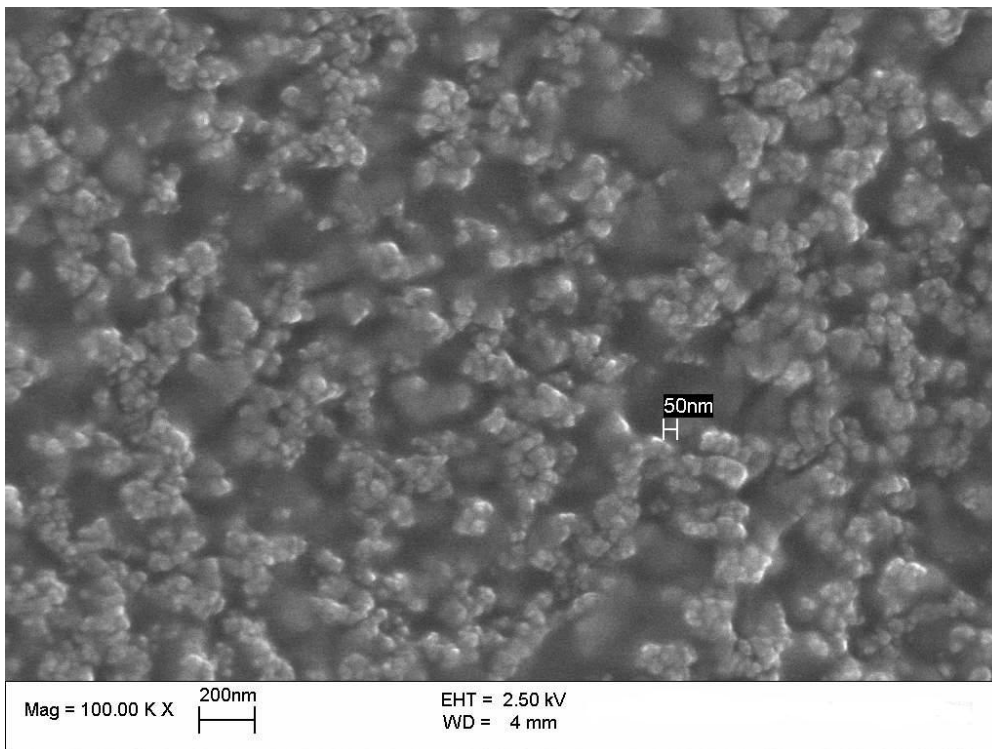
<圖 7-21>無溶劑系統不同比例環氧樹脂複合材料混摻儲存模數與溫度動態機械分析圖



<圖 7-22>無溶劑系統不同比例環氧樹脂複合材料混摻阻尼係數與溫度動態機械分析圖

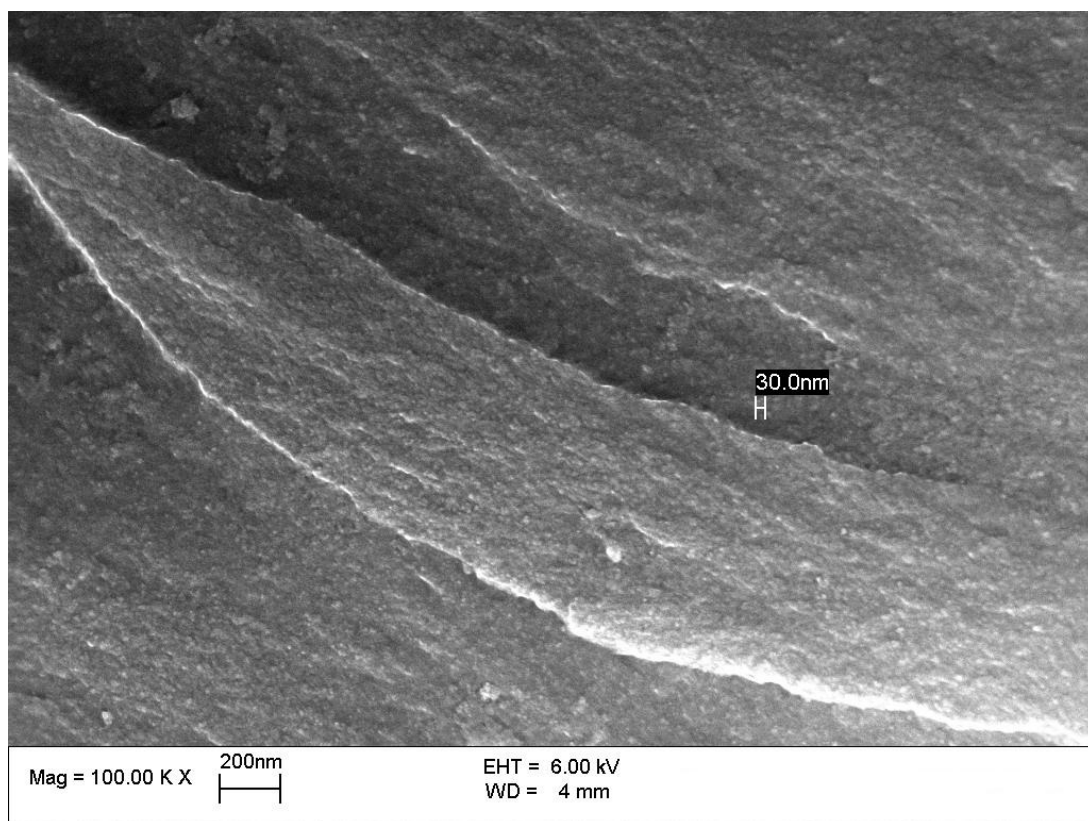


<圖 7-23>PU 與不含溶劑氧化矽(NCPU11)之 SEM 圖

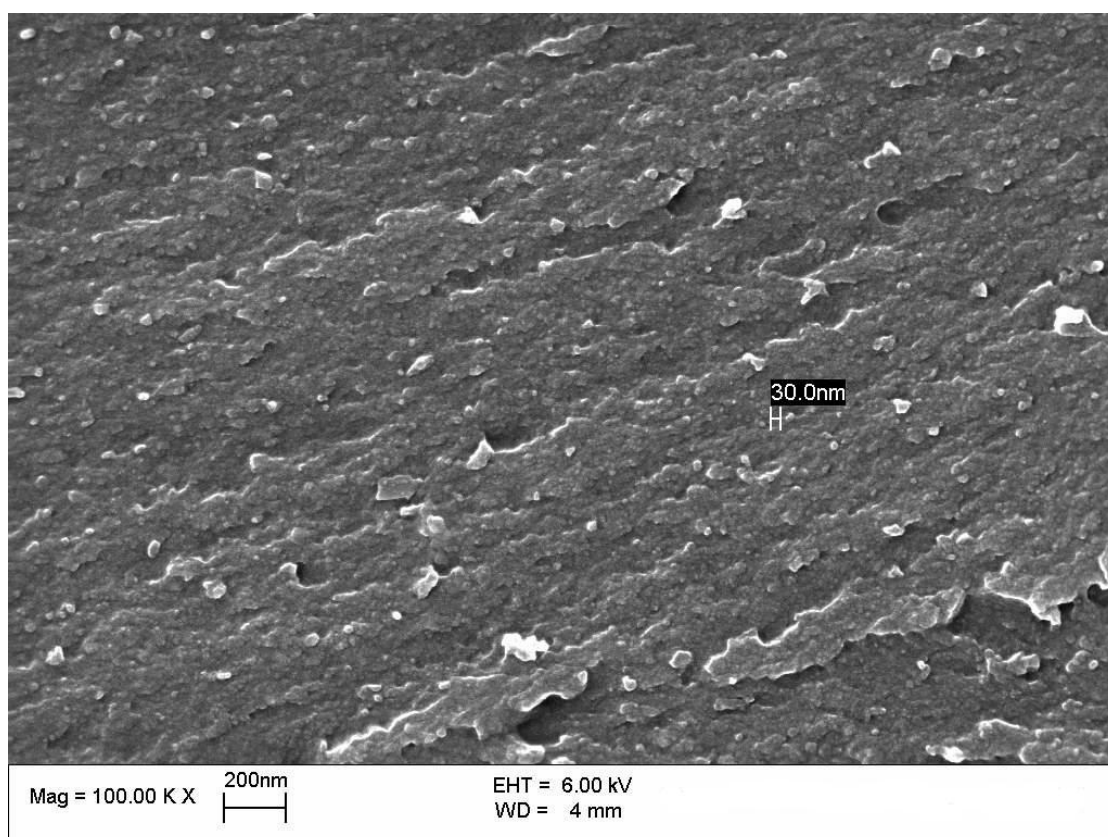


<圖 7-24>PU 與不含溶劑氧化矽(NCPU12)之 SEM 圖

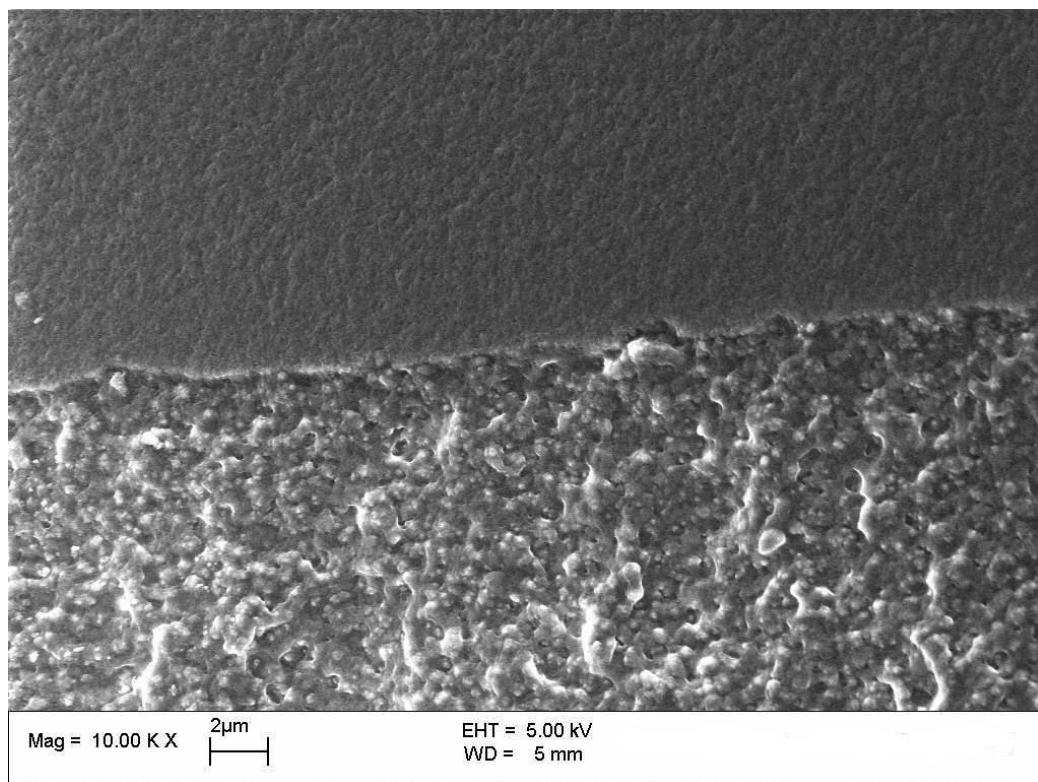




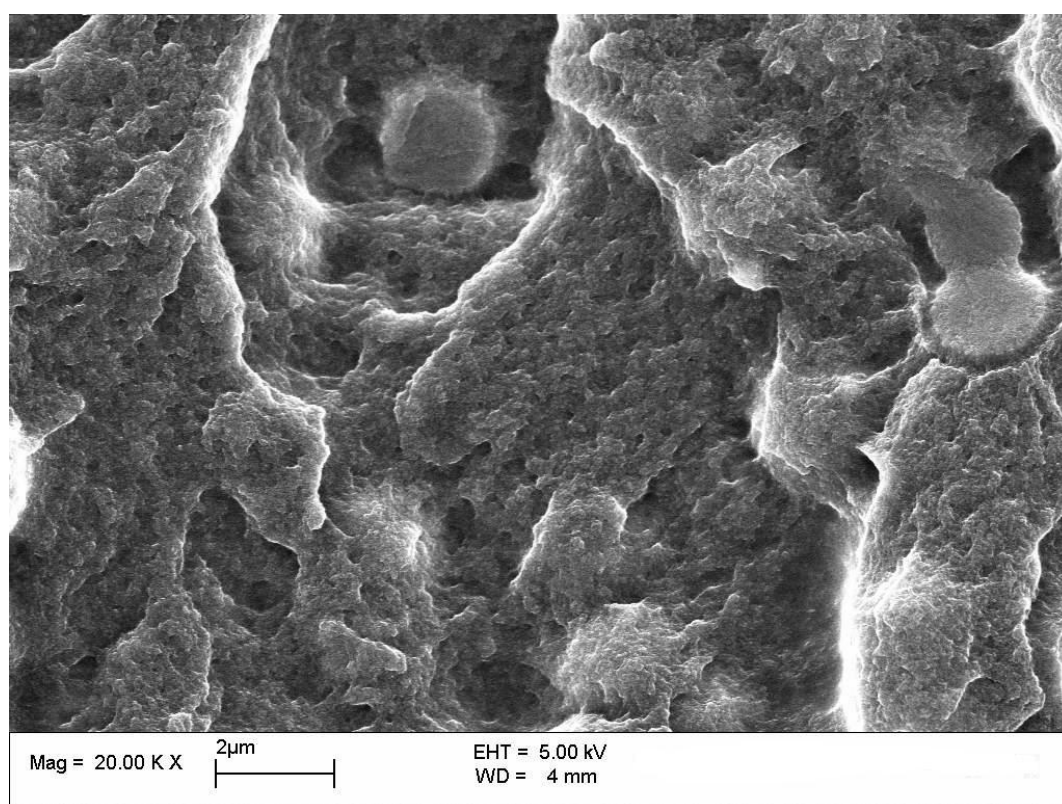
<圖 7-25>環氧樹脂與不含溶劑氧化矽(NTep11)之 SEM 圖



<圖 7-26>環氧樹脂與不含溶劑氧化矽(NTep12)之 SEM 圖



<圖 7-27>氧化矽與高分子不相容情形-1



<圖 7-28>氧化矽與高分子不相容情形-2

## 可供推廣之研發成果資料表

☒ 可申請專利☐ 可技術移轉

日期：\_\_年\_\_月\_\_日

<b>國科會補助計畫</b>	計畫名稱：無溶劑溶膠法製備奈米級氧化矽/PU 或環氧樹脂混成樹脂 計畫主持人：陳幹男 教授 計畫編號：NSC 94-2216-E-032-001 學門領域：高分子
<b>技術/創作名稱</b>	無溶劑溶膠法製備奈米級氧化矽/PU 或環氧樹脂混成樹脂
<b>發明人/創作人</b>	陳幹男
<b>技術說明</b>	<p>中文：</p> <p>一般有機材料耐熱性與硬度較差，而無機材料通常易脆且笨重，若我們能將有機與無機材料均勻混和則能達到互補的效果，使材料具備無機材料與有機材料的優點。現今有機與無機混成複合材料以廣泛用在電子、機械生醫產業上。但有機材料與無機材料相容性差，且易發生聚集造成相分離的現象，降低原先材料應有的性質。因此本次研究以紫外光硬化型有機高分子為基材，以四乙氧基矽烷（TEOS）為無機材料以溶膠-凝膠法製備出有機與無機混成材料，由於紫外光硬化具有室溫硬化與無溶劑等優點，且高分子鏈上具有極性官能基能與氧化矽產生物理或化學鍵結，以防止氧化矽發生聚集的現象。</p> <p>本研究分別選用紫外光硬化型 PU 與環氧樹脂壓克力，在添加光起始劑下可經由紫外光進行自由基聚合反應，並利用紫外光硬化型環氧樹脂（epoxy acrylate）上的羥基與 TEOS 進行脫乙醇反應產生 Si-O-C 的化學鍵結，以增加對氧化矽之相容性。添加不同比例 TEOS 與高分子材料進行摻混，觀察分別對高分子性質的影響。以動態機械分析儀（DMA）分析氧化矽對高分子樹脂分子運動的影響，以熱重分析儀（TGA）來評估氧化矽對熱安定性的影響，以電子顯微鏡（SEM）觀察氧化矽顆粒的大小。</p>
	<p>英文：</p> <p>Generally speaking, the disadvantages of organic materials are the poor thermal stability, poor hardness while the brittle and heavy for the inorganic materials. Based on the many researches, hybridization of the organic and inorganic materials can achieve the complement purpose and remain the distinguish advantages. According to this, the UV-curable polymers are played as the basic materials in this article then hybrid with tetraethoxysilane (TEOS) via sol-gel process. The main advantage of the UV-curable polymers is non-solvent vaporization while the polar functional groups can avoid the aggregation of the inorganic part via physical or chemical bondings.</p> <p>In this article, the UV-curable polyurethane and epoxy-acrylate are the basic materials which hybrid with different ratio of TEOS. The polymer properties have effected by this hybridization and measured by the various methods, such as dynamic mechanical analysis (DMA), thermal gravimetric analysis (TGA) and etc. Also, the particle size of SiO<sub>2</sub> has observed by the scanning electronic microscopy (SEM).</p>

<p><b>可利用之產業 及 可開發之產品</b></p>	<p>複合材料通常藉由兩種不同的基材，利用摻混（無化學鍵結）或交聯（具化學鍵結）的方式所製成，希望藉由新型複合材料達到目前科技所要求的水平，這些包括導電性、熱安定性、機械性質、光學性質甚至生物相容性，而利用這些新型複合材料可利用在下列用途：</p> <p>6. 光學通訊元件：因具有特殊之光學性質，可藉由添加或塗佈在不同基材上 改變吸收與放射波長，可應用在光學薄膜或其他顯示器元件如反射膜，抗反射膜，偏光板等；</p> <p>7. 太空與軍事工業：太空與軍工業要求常較民生工業來的嚴苛，且新產品經過實用後即有很大的經濟性與獨佔性並帶來無限的商機，例如：需耐高溫之隔熱材，具匿蹤性質的抗電磁波塗料與耐震爆之裝甲，這些通常需符合質輕、強度大即最好便宜的特點，新型複合材料通常可符合上述需求；</p> <p>8. 生物醫學材料：由於新型材料陸續開發出來，其生物相容性與安定性在證實安全無虞後即可加以應用以造福無數患者，常用的生醫材料有金屬合金，陶瓷或無機聚合物等，可分別用在齒科材料、人造骨骼或關節、藥物等；</p> <p>9. 電子電機材料：具有特殊之導電性、磁性、熱性質與介電常數，可作為感測器、積體電路、電解質即磁性材料等；</p> <p>10. 機械工業材料：特殊的合金可作為耐腐蝕，高強度結構與耐高溫之材料，可以不經表面處理而直接應用在機殼、引擎結構體等。</p> <p>其他如多孔性觸媒，填充劑與接著劑，雷射材料等，若在加上傳統已知的技術更是多的不勝枚舉。</p>
<p><b>技術特點</b></p>	<p>本研究選用紫外光硬化型 PU 與環氧樹脂壓克力，添加光起始劑下可經由紫外光進行自由基聚合反應，並利用紫外光硬化型環氧樹脂（epoxy acrylate）上的羥基與 TEOS 進行脫乙醇反應產生 Si-O-C 的化學鍵結，以增加對氧化矽之相容性。添加不同比例 TEOS 與高分子材料進行摻混</p>
<p><b>推廣及運用的價值</b></p>	<p>有機/無機混成複合材料近年來以Sol-Gel 的合成技術最多，但是在此技術缺點在於使用大量有機溶劑，造成乾燥時間加長以及乾燥過程之中溶劑大量揮發，使產品尺寸收縮比例大，容易產生龜裂等結構性不穩定。以致於產品的應用受到限制，特別是針對環氧樹脂高度架橋的易龜裂性。此外，近代應用的複合材料經常需要奈米等級的無機物添入系統中，我們市面上或研究的領域中可以常常發現到，所添入的無機化合物是由Top down 的方式，將其製備至奈米等級的粉體利用微胞的原理，把奈米粉體包覆於材料中，分散混入於高分子材料內。對於這樣的製程，在均勻分散的工作，需要花更大的功夫去解決分散的問題，避免聚集而破壞了材料的使用強度與機械性。所以我們嘗試以新型溶凝膠法，加上特殊官能基的優秀反應性，利用Bottom up的概念搭配化學方法合成，讓二氧化矽(SiO<sub>2</sub>)結構直接結合在三度空間網狀的高分子結構。除了達到複合的效果之外，另一方面也避免了使用大量有機溶劑揮發後所造成的尺寸收</p>

	<p>縮。而環氧樹脂高度架橋後易有尺寸收縮的缺點，也由有效可行的製程改善，最重要的是可以達到奈米級二氧化矽有機/無機複合材料。</p>
--	---

## 參加 IUPAC 第十九屆國際化學教育會議

陳幹男

國際化學聯盟(IUPAC)化學教育的國際會議，每兩年分別在各地舉行，今年 8 月 12-17 日舉行的第十九屆國際化學教育會議(19<sup>th</sup> International Conference on Chemical Education, ICCE)由韓國化學會主辦，在韓國首爾(Seoul)的淑明大學舉行，由韓國化學會主辦，此次大會的規模是兩年前在伊斯坦堡會議的一般大小，與會國家共有 320 人來自歐亞非美澳等五大洲之 36 國家。

我國正努力在爭取此項會議的主辦權，我國化學會的教育委員會邱美虹教授號召化學會成員約 20 多名參加此一盛會，這是此次會議除韓國之外參加人數最多的國家，國際化學聯盟前任主席 Professor Sydnos 代表 IUPAC，美國化學會會長 Professor Ann Nally 代表化學會參加。會議共邀請 7 位主題演講(Plenary Lecturers)和邀請演講(Invited Speakers)，另有口頭和壁報論文發表，共有 360 篇論文發表，總共 6 天的會議每天均安排 1-2 名的大會主題演講。

大會從 8 月 12-17 日總共六天，會議行程非常緊促，每天除大會主題演講之外，共有 6-7 組同時進行。8 月 11 日下午的班機飛往韓國首爾，當天晚上 10:00 左右才抵達首爾的旅館(Varbien Suites)，8 月 12 日與會人員大多到齊，大會安排的歡迎酒會，因此若是 8 月 12 日

當天的班機將無法趕上歡迎酒會。

8 月 13 日的開幕式，安排到會的 IUPAC 的前任會長， Professor Leiv K. Sydnes，美國化學會長 Professor Ann Nally，下次國際化學教育研討會議之主辦國，模里西斯的主席，和本人代表台灣化學會參加並以預備的 PowerPoint 宣示我國主辦國際化學教育研討會議的決心，同時也順道宣傳我主辦會議的實力和令人嚮往的風光景色。

8 月 13 日至 17 日，整整五天的研討會中，從研討會開始，整個會場分 6 場舉行，最多時也有 7 場同時進行，其中較吸引許多教師的場次有: Teacher Education, Multimedia & Visualization, 另有 Science Play: A Funny Restaurant，由淑明大學的學生表演，以化學的反應加上滑稽的戲劇手法，將枯燥的化學反應表現出生氣活現的劇場效果，真是非常有震撼性的教育方法。

還有一場專題演講是邀請 University of Wisconsin at Madison 的教授 Sassam Shakhshiri 他的講題是: Enlightenment, The Responsibilities of the Enlightened and Exhortations for Good Teaching。

本人受邀擔任材料科學和高分子組(Material Science & Polymer Chemistry)上午場演講之主持人並受邀發表論文。論文題目是: Polymer Laboratory Course for Chemical Science Major Students。因為本人擔任受邀演講(Invited Speaker)，和演講主持人免除繳交大會之報

名費優待。

另有 11 場之 Workshops，其中 IUPAC Workshop Young Ambassadors for Chemistry (YAC); Low-Cost Home Experimentation; A Small-Scale Experiment for Energy Change Test； Development and Application of Small Scale Chemistry Experiments 等研習示範，相當有趣也甚具教學效果和意義。

我國代表團也參與日本和韓國所組成之第一屆亞洲化學教育會議(1<sup>st</sup> NICE)，我國共有 11 位教授和 8 位中學教師參加。因為有年輕的教授和高中老師參與，讓我國代表團的陣容顯得特別壯大，由其在 8/16 的 Participants' Night 我國代表的表現是參加 36 國家，表現最傑出的團隊，將會場的氣氛帶至最高潮。在所有各國的表演之後，本國的表現是所有參加國家中表現第一名。這是另類的國際宣傳，對於我國申辦下次國際化學教育會議有絕對的幫助。。

這項會議屬化學教育方面最具規模的國際會議，我國是否可接辦 2010 年的國際化學教育會議(International Conference on Chemical Education, ICCE)將在明年義大利 Torino 舉行之 IUPAC 會員代表大會(General Assembly)決定。屆時需要國內的化學教授和高中教師全體總動員。



## 參加 IUPAC 第十九屆國際化學教育會議

陳幹男

國際化學聯盟(IUPAC)化學教育的國際會議，每兩年分別在各地舉行，今年 8 月 12-17 日舉行的第十九屆國際化學教育會議(19<sup>th</sup> International Conference on Chemical Education, ICCE)由韓國化學會主辦，在韓國首爾(Seoul)的淑明大學舉行，由韓國化學會主辦，此次大會的規模是兩年前在伊斯坦堡會議的一般大小，與會國家共有 320 人來自歐亞非美澳等五大洲之 36 國家。

我國正努力在爭取此項會議的主辦權，我國化學會的教育委員會邱美虹教授號召化學會成員約 20 多名參加此一盛會，這是此次會議除韓國之外參加人數最多的國家，國際化學聯盟前任主席 Professor Sydnos 代表 IUPAC，美國化學會會長 Professor Ann Nally 代表化學會參加。會議共邀請 7 位主題演講(Plenary Lecturers)和邀請演講(Invited Speakers)，另有口頭和壁報論文發表，共有 360 篇論文發表，總共 6 天的會議每天均安排 1-2 名的大會主題演講。

大會從 8 月 12-17 日總共六天，會議行程非常緊促，每天除大會主題演講之外，共有 6-7 組同時進行。8 月 11 日下午的班機飛往韓國首爾，當天晚上 10:00 左右才抵達首爾的旅館(Varbien Suites)，8 月 12 日與會人員大多到齊，大會安排的歡迎酒會，因此若是 8 月 12 日

當天的班機將無法趕上歡迎酒會。

8 月 13 日的開幕式，安排到會的 IUPAC 的前任會長， Professor Leiv K. Sydnnes，美國化學會長 Professor Ann Nally，下次國際化學教育研討會議之主辦國，模里西斯的主席，和本人代表台灣化學會參加並以預備的 PowerPoint 宣示我國主辦國際化學教育研討會議的決心，同時也順道宣傳我主辦會議的實力和令人嚮往的風光景色。

8 月 13 日至 17 日，整整五天的研討會中，從研討會開始，整個會場分 6 場舉行，最多時也有 7 場同時進行，其中較吸引許多教師的場次有: Teacher Education, Multimedia & Visualization, 另有 Science Play: A Funny Restaurant，由淑明大學的學生表演，以化學的反應加上滑稽的戲劇手法，將枯燥的化學反應表現出生氣活現的劇場效果，真是非常有震撼性的教育方法。

還有一場專題演講是邀請 University of Wisconsin at Madison 的教授 Sassam Shakhshiri 他的講題是: Enlightenment, The Responsibilities of the Enlightened and Exhortations for Good Teaching。

本人受邀擔任材料科學和高分子組(Material Science & Polymer Chemistry)上午場演講之主持人並受邀發表論文。論文題目是: Polymer Laboratory Course for Chemical Science Major Students。因為本人擔任受邀演講(Invited Speaker)，和演講主持人免除繳交大會之報

名費優待。

另有 11 場之 Workshops，其中 IUPAC Workshop Young Ambassadors for Chemistry (YAC); Low-Cost Home Experimentation; A Small-Scale Experiment for Energy Change Test； Development and Application of Small Scale Chemistry Experiments 等研習示範，相當有趣也甚具教學效果和意義。

我國代表團也參與日本和韓國所組成之第一屆亞洲化學教育會議(1<sup>st</sup> NICE)，我國共有 11 位教授和 8 位中學教師參加。因為有年輕的教授和高中老師參與，讓我國代表團的陣容顯得特別壯大，由其在 8/16 的Participants' Night 我國代表的表現是參加 36 國家，表現最傑出的團隊，將會場的氣氛帶至最高潮。在所有各國的表演之後，本國的表現是所有參加國家中表現第一名。這是另類的國際宣傳，對於我國申辦下次國際化學教育會議有絕對的幫助。。

這項會議屬化學教育方面最具規模的國際會議，我國是否可接辦 2010 年的國際化學教育會議(International Conference on Chemical Education, ICCE)將在明年義大利 Torino 舉行之 IUPAC 會員代表大會(General Assembly)決定。屆時需要國內的化學教授和高中教師全體總動員。